

TUGAS AKHIR

**“DESAIN TEBAL PERKERASAN KAKU JALAN RAYA
MENGUNAKAN MICROSOFT EXCEL BERDASARKAN
MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 02/M/BM/2013 DAN
NAASRA”**



DISUSUN OLEH :

DINI STIYONINGSIH

NIM. 03114053

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA
2018**

TUGAS AKHIR

**“DESAIN TEBAL PERKERASAN KAKU JALAN RAYA
MENGUNAKAN MICROSOFT EXCEL BERDASARKAN MANUAL
DESAIN PERKERASAN JALAN 02/M/BM/2013 DAN NAASRA”**

Disusun Oleh :

DINI STIYONINGSIH

NIM : 03114053

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
pada Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Narotama
Surabaya

PRO PATRIA

Surabaya, 10 Agustus 2018
Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Ir. Tony Hartono Bagio, M.T., M.M

NIDN : 0712106204

TUGAS AKHIR

**“DESAIN TEBAL PERKERASAN KAKU JALAN RAYA
MENGUNAKAN MICROSOFT EXCEL BERDASARKAN MANUAL
DESAIN PERKERASAN JALAN 02/M/BM/2013 DAN NAASRA”**

Disusun Oleh :

DINI STIYONINGSIH

NIM : 03114053

Surabaya, 10 Agustus 2018

Tugas akhir ini telah memenuhi persyaratan dan disetujui untuk di ujikan.

PRO PATRIA

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Tony Hartono Bagio, M.T., M.M

NIDN : 0712106204

**TUGAS AKHIR INI
TELAH DIUJIKAN DAN DIPERTAHANKAN DIHAPAN TIM PENGUJI
PADA HARI JUMAT, TANGGAL 10 AGUSTUS 2018**

Judul Tugas Akhir : DESAIN TEBAL PERKERASAN KAKU
JALAN RAYA MENGGUNAKAN
MICROSOFT EXCEL BERDASARKAN
MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN
02/M/BM/2013 DAN NAASRA"

Disusun Oleh : DINI STIYONINGSIH

NIM : 03114053

Fakultas : TEKNIK

Program Studi : TEKNIK SIPIL

Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA

Tim penguji terdiri :
Ketua Penguji

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

1. H. Fredy Kurniawan S.T.,
M.T.Eng.Ph.D
NIDN : 0725098103

Ronny Durrutun Nasihien
S.T., M.T
NIDN : 0720127002

Sekretaris

Dekan Fakultas Teknik

2. Ronny Durrutun Nasihien S.T., M.T
NIDN : 0720127002

Dr. Ir. Koespiadi M.T
NIDN : 0701046501

Anggota

3. Ir. Tonny Hartono Bagio M.T., M.M
NIDN : 0712106204

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini , Saya :

Nama : DINI STIYONINGSIH

NIM : 03114053

Judul Tugas Akhir : Desain Tebal Perkerasan Kaku Jalan Raya

Menggunakan Microsoft Excel Berdasarkan MDPJ

02/M/BM/2013 dan NAASRA

Bersama ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana disusun perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan penulis juga tidak terdapat karya/pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Apabila ditemukan sebaliknya, maka penulis bersedia menerima akibat berupa sanksi akademis dan sanksi lain yang diberikan oleh pihak yang berwenang dan pihak Universitas, sesuai dengan ketentuan peraturan dan perundangan-undangan yang berlaku.

Surabaya, 10 Agustus 2018

Yang menyatakan



DINI STIYONINGSIH
NIM : 03114053

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Desain Tebal Perkerasan Kaku Jalan Raya Menggunakan Microsoft Excel Berdasarkan MDPJ 02/M/BM/2013 dan NAASRA” untuk memenuhi syarat program Studi S1-Teknik Sipil dalam rangka menyelesaikan pendidikan S1-Teknik Sipil di Universitas Narotama Surabaya.

Dengan selesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan, memberi bahan dan informasi yang dibutuhkan serta banyak pikiran yang telah disumbangkan kepada penulis. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan penulis nikmat sehat sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Koespiadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Narotama Surabaya yang sudah memperbolehkan dan meyetujui penulis untuk menulis Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ronny Durrotun Nasihien, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya yang sudah memperbolehkan penulis untuk mengajukan dan menuliskan Tugas Akhir ini hingga selesai tepat pada waktu yang ditentukan.
4. Bapak Ir. Tony Hartono Bagio, MT., M.M selaku Dosen pembimbing penulis yang sudah membantu dalam penulisan untuk mengajukan Tugas Akhir ini hingga selesai tepat pada waktu yang ditentukan.

5. Kedua orang tua penulis, Bapak Madimin dan Ibu Satuni sebagai penyemangat terbesar bagi penulis, dan yang telah banyak memberi doa serta dukungan moril maupun materil.
6. Kakak serta anggota keluarga yang senantiasa memberi doa dan dukungan semangat kepada penulis.
7. Sahabat penulis, Rina, Mery, Ira, Bona, Mbak Shan, Rani, dan team pemberontak lainnya. Serta semua mahasiswa Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya yang sudah memberi semangat kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.

Harapan penulis semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi para pembaca. Penulis menyampaikan terimakasih dan mohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini. Saran dan petunjuk yang diberikan untuk Tugas Akhir ini sangat diharapkan.

Surabaya, 10 Agustus 2018

Penulis

Dini Stiyoningsih

DESAIN TEBAL PERKERASAN KAKU JALAN RAYA MENGGUNAKAN MICROSOFT EXCEL BERDASARKAN MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 02/M/BM/2013 DAN NAASRA

Oleh : Dini Stiyoningsih

Pembimbing : Ir. Tony Hartono Bagio, M.T., M.M

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan zaman, khususnya kemajuan pada bidang teknologi komputer, dalam merencanakan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) jalan raya dapat dengan mudah di perhitungkan menggunakan program Microsoft Excel. Perencanaan perhitungan perkerasan kaku (*rigid pavement*) berdasarkan metode Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 dan metode NAASRA.

Perkerasan kaku digunakan untuk kondisi lalu lintas yang cukup padat serta memiliki distribusi beban yang cukup tinggi. Dari hasil perhitungan Microsoft Excel dapat memudahkan dalam pemasukan atau pemrosesan data. Penggunaan Microsoft Excel dalam menghitung perencanaan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) jalan raya, menyatukan data existing untuk menghitung beban lalu lintas rencana, menghitung DDT (Daya Dukung Tanah), menghitung nilai CBR (*California Bearing Ratio*), yang menghasilkan output jenis lapisan, tebal plat perkerasan, serta tulangan yang direncanakan.

Dalam merencanakan tebal perkerasan jalan, menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013 dan metode *Design Pavement* NAASRA. Direncanakan dengan mendesain jalan Arteri tanpa menggunakan bahu jalan dengan nilai CBR sebesar 2,42%. Dari hasil evaluasi perencanaan tebal perkerasan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013 diperoleh repetisi beban sebesar $3,1 \times 10^7$, dengan persentase fatigue 11,85% sehingga didapatkan tebal pondasi 15 cm, tebal pelat 280 mm, dengan dowel diameter 32 mm, panjang 450 mm, dan jarak 300 mm. Dari hasil evaluasi perencanaan tebal perkerasan menggunakan metode *Design Pavement* NAASRA diperoleh repetisi beban sebesar $6,61 \times 10^7$, dengan persentase fatigue 81,19% sehingga didapatkan tebal pondasi 15 cm, tebal pelat 240 mm, dengan dowel diameter 32 mm, panjang 450 mm, dan jarak 300 mm.

Kata Kunci :

Perkerasan Kaku, MDPJ 02/M/BM/2013, *Design Pavement* NAASRA, CBR, Penulangan, Microsoft Excel

DAFTAR ISTILAH DAN DEFINISI

Borrow pit

Tanah penggalian yang telah kehilangan top soil dan sub soil

Dowel

Batang baja polos atau baja profil yang berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan yang dipasang dengan separuh panjang terikat dan separuh panjang dilumasi atau dicat untuk memberi kebebasan bergeser

Faktor Ekivalen Beban (*Vechile Damage Factor*)

Suatu faktor yang menunjukkan besar kerusakan dari satu kendaraan dari kelas tertentu terhadap perkerasan dalam satuan equivalent standart axle load (ESA)

Lapisan *subbase*

berfungsi sebagai lantai kerja yang rata. Apabila *subbase* tidak rata, maka pelat beton juga tidak rata. Ketidakrataan ini dapat berpotensi sebagai *crack inducer* atau keretakan pada struktur bagian dalam

Plate bearing test

checking bahwa tanah pada dasar galian mampu memberikan daya dukung sebesar 300 kPa

Rigid Pavement

perkerasan jalan terdiri beton sebagai bahan pengikat serta lapisan pondasi (bisa juga tidak) diatas tanah dasar

Subgrade

tanah dasar atau *subgrade* adalah bagian dari permukaan badan jalan yang dipersiapkan untuk menerima konstruksi di atasnya yaitu konstruksi perkerasan. Berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas yang telah disalurkan / disebarkan oleh konstruksi perkerasan

Tie bar

atau batang pengikat adalah potongan baja yang diprofilkan pada sambungan lidah alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal

DAFTAR SINGKATAN

ϕ	: koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah
As	: Luas tulangan yang diperlukan (mm/m lebar)
CBR	: <i>California Bearing Ratio</i>
Cd	: Koefisien Distribusi
CESA	: Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana
DDT	: Daya Dukung Tanah
Ec	: modulus elastisitas beton Berdasarkan SNI 2013 digunakan $4700 \sqrt{f'c}$ MPa
Es	: modulus elastisitas baja (berdasarkan SNI 2015 digunakan 200.000 MPa)
ESA	: Lintasan sumbu standar ekivalen (<i>equivalent standard axle</i>) untuk 1 (satu) hari

F	: Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya tak berdimensi
fb	: tegangan lekat antara tulangan dengan beton yang dikenal sebagai “lekat lentur”, dalam MPa.
f _{cf}	: kuat tarik lentur beton 28 hari
FR	: Faktor Regional
FRT	: Faktor Rasio Tegangan
Fs	: tegangan tarik baja ijin, (MPa) (±230 MPa)
ft	: kuat tarik lentur beton yang digunakan 0,4 - 0,5 fr, dalam MPa
fy	: tegangan leleh baja (berdasarkan fy < 400 / MPa – BJDT 40)
h	: tebal plat (mm)
IP	: Indeks Permukaan
JSKN	: Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga
JSKNH	: Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian
L	: jarak antara sambungan (m)
Lcr	: Jarak teoritis antara retakan, dalam meter Jarak optimum antara 1 – 2 meter
LHRT	: Lintas harian rata – rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu
n	: angka ekivalen antara baja dan beton = $\frac{Es}{Ec}$
p	: luas tulangan memanjang per satuan luas beton
Ps	: presentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton (%)
R	: Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

S : koefisien susut beton, umumnya dipakai antara (0,0005 – 0,0006)
untuk pelat perkerasan jalan

STdRT : Sumbu Tandem Roda Ganda

STRG : Sumbu Tunggal Roda Ganda

STrRG : Sumbu Tridem Roda Ganda

STRT : Sumbu Tunggal Roda Tunggal

TE : Tegangan Ekvivalen

UR : Umur Rencana



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1 : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penulisan.....	2
1.4 Manfaat Penulisan.....	2
1.5 Metodologi Penulisan.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5

2.2 Perkerasan Kaku.....	23
2.3 Material Perkerasan Kaku.....	24
2.4 Komponen Perkerasan Kaku.....	28
2.4.1 Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>).....	30
2.4.2 Lapis Pondasi (<i>Subbase</i>).....	34
2.4.3 Tulangan.....	38
2.4.4 Dowel.....	43
2.5 Lalu Lintas Rencana.....	44
BAB 3 : METODOLOGI.....	55
3.1 Metodologi Penyelesaian Masalah.....	55
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	56
BAB 4 : PEMBAHASAN DAN HASIL.....	59
4.1 Rencana Perhitungan Perkerasan Berdasarkan MDPJ 02/M/BM/2013.....	59
4.2 Rencana Perhitungan Perkerasan Berdasarkan <i>Design Pavement</i> NAASRA.....	77
BAB 5 : PENUTUP.....	93
LAMPIRAN	
Pd T-14-2003.....	L1 – L23
Design Pavement NAASRA.....	L24-L28
Konfigurasi Sumbu Kendaraan.....	L29-L30
Program Excel.....	L31-L39

DAFTAR TABEL

	Halaman
TABEL	
Tabel 2.1 Nilai R Dalam CBR.....	25
Tabel 2.2 Mencari Nilai CBR Secara Grafis	26
Tabel 2.3 Faktor Regional (FR).....	33
Tabel 2.4 Solusi Desain Pondasi Minimum	35
Tabel 2.5 Tipikal Nilai Kekuatan Lapis Pondasi.....	38
Tabel 2.6 Koefisien Gesekan Antara Plat Beton Semen Dengan Lapisan Bawahnya.....	40
Tabel 2.7 Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Angka Ekvivalen Baja dan Beton Serta (fr).....	41
Tabel 2.8 Dowel	44
Tabel 2.9 Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga Pada Lajur Rencana.....	48
Tabel 2.10 Faktor Keamanan.....	48
Tabel 2.11 Perbandingan Tegangan dan Jumlah Pengulangan Beban yang Diinginkan.....	49
Tabel 2.12 Pemilihan Jenis Perkerasan.....	50
Tabel 2.13 Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat	51
Tabel 2.14 Jarak dan Diameter Tulangan.....	54
Tabel 3.1 Data Lalu Lintas.....	57

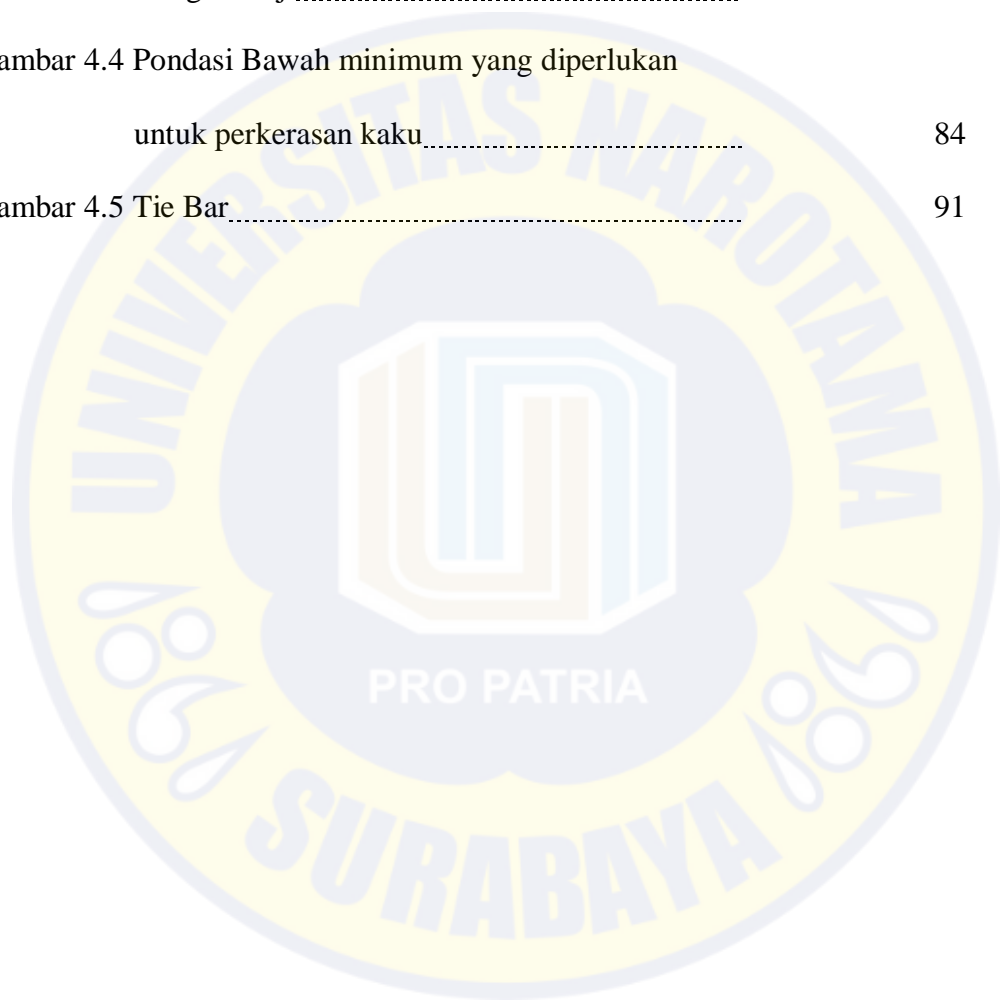
Tabel 4.1 Faktor Keamanan.....	59
Tabel 4.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)	
Minimal Untuk Desain.....	60
Tabel 4.3 Jumlah Lajur Setiap Arah.....	61
Tabel 4.4 Jumlah Lajur Kendaraan.....	62
Tabel 4.5 Menghitung Nilai CESA5.....	62
Tabel 4.6 Mencari Nilai CBR.....	63
Tabel 4.7 Perhitungan Beban Sumbu Berdasarkan	
Jenis dan Beratnya.....	67
Tabel 4.8 Koefisien Distribusi.....	68
Tabel 4.9 Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi.....	68
Tabel 4.10 Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi.....	70
Tabel 4.11 Menghitung presentase Fatigue.....	71
Tabel 4.12 Faktor Keamanan.....	77
Tabel 4.13 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)	
Minimal Untuk Desain.....	78
Tabel 4.14 Beban Kendaraan (ton).....	79
Tabel 4.15 Jumlah Kendaraan Niaga.....	80
Tabel 4.16 Koefisien Distribusi.....	81
Tabel 4.17 Jumlah Lajur Kendaraan.....	81
Tabel 4.18 Konfigurasi Sumbu.....	82
Tabel 4.19 Mencari Nilai CBR.....	83
Tabel 4.20 Menghitung presentase Fatigue.....	85



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
GAMBAR	
Gambar 2.1 Lampiran Perkerasan Kaku.....	23
Gambar 2.2 Menentukan CBR Dengan Cara Grafis.....	27
Gambar 2.3 Skema Potongan Melintang Konstruksi Perkerasan Kaku.....	28
Gambar 2.4 Struktur Perkerasan Kaku Pada Permukaan Tanah Asli.....	28
Gambar 2.5 Struktur Perkerasan Kaku Pada Timbunan.....	29
Gambar 2.6 Struktur Perkerasan Kaku Pada Galian.....	29
Gambar 2.7 Perkerasan Beton.....	30
Gambar 2.8 Korelasi DDT dan CBR.....	32
Gambar 2.9 CBR Tanah Dasar Rencana.....	36
Gambar 2.10 Pondasi Bawah Minimum yang diperlukan Untuk Perkerasan Kaku.....	37
Gambar 2.11 Dowel.....	43
Gambar 2.12 Perencanaan Untuk STRT.....	52
Gambar 2.13 Perencanaan Untuk STRG.....	52
Gambar 2.14 Perencanaan Untuk SGRG.....	53
Gambar 2.15 Kalkulasi Perhitungan Tegangan yang Terjadi.....	53
Gambar 3.1 Diagram Alir MDPJ 02/M/BM/2013.....	55
Gambar 3.2 Diagram Alir Design Pavement NAASRA.....	56

Gambar 4.1 Tebal Pondasi bawah minimum.....	64
Gambar 4.2 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah.....	65
Gambar 4.3 Grafik Perencanaan Lalu – Lintas Luar Kota Dengan Ruji.....	66
Gambar 4.4 Pondasi Bawah minimum yang diperlukan untuk perkerasan kaku.....	84
Gambar 4.5 Tie Bar.....	91



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada umumnya perkerasan jalan di Indonesia menggunakan jenis perkerasan lentur atau yang disebut dengan *flexible pavement* yang materialnya menggunakan aspal. Selain itu, terdapat juga jenis perkerasan kaku atau yang disebut dengan *rigid pavement*, perkerasan kaku sendiri terdiri dari lapisan beton sebagai bahan utama. Perkerasan kaku digunakan untuk kondisi lalu lintas yang cukup padat serta memiliki distribusi beban yang cukup tinggi.

Seiring dengan perkembangan zaman khususnya dibidang teknologi komputer, untuk merencanakan tebal perkerasaan jalan raya dengan alternatif perhitungan yaitu menggunakan program Microsoft Excel yang perencanaannya mengacu pada MDPJ (Manual Desain Perkerasan Jalan) Nomor 02/M/BM/2013 dan mengacu pada metode NAASRA.

Microsoft Excel memudahkan dalam pemasukan atau pemrosesan data. Penggunaan Microsoft Excel dalam menghitung perencanaan tebal perkerasan kaku jalan raya, menyatukan data existing untuk menghitung DDT (Daya Dukung Tanah), yaitu menghasilkan output jenis lapisan dan tebal lapisan. Dalam perhitungan manual, membutuhkan grafis konversi CBR (*California Bearing Ratio*), DDT (Daya Dukung Tanah), pembacaan grafis ITP (Index Tebal Perkerasan) dan grafis tegangan yang terjadi.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Adapun rumusan masalah dari penulisan ini adalah :

1. Berapa rencana tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) yang dipakai dengan menggunakan metode perhitungan MDPJ 02/M/BM/2013 dan metode perhitungan NAASRA menggunakan Microsoft Excel ?
2. Bagaimana mengevaluasi hasil perencanaan tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dengan menggunakan metode perhitungan MDPJ 02/M/BM/2013 dan metode perhitungan NAASRA menggunakan Microsoft Excel ?

1.3 TUJUAN PENULISAN

Ada pun tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Mengetahui tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dengan menggunakan metode perhitungan MDPJ 02/M/BM/2013 dan metode perhitungan NAASRA menggunakan program Microsoft Excel.
2. Dapat mengevaluasi perencanaan perkerasan kaku yang dihasilkan dari metode perhitungan MDPJ 02/M/BM/2013 dan metode perhitungan NAASRA dengan menggunakan program Microsoft Excel.

1.4 MANFAAT PENULISAN

1. Dapat dijadikan referensi untuk perhitungan struktur jalan yang menggunakan *Rigid Pavement*.

2. Untuk mengetahui perbandingan metode perhitungan untuk menunjang efisiensi dalam merencanakan tebal perkerasan yang diinginkan sesuai standar ketentuan yang berlaku.
3. Bagi peneliti dapat dijadikan acuan dalam menghitung tebal perkerasan kaku dengan menggunakan perbandingan perhitungan.

1.5 METODOLOGI PENULISAN

Metodologi yang dipakai untuk menghitung struktur perkerasan kaku yaitu metode perhitungan berdasarkan MDPJ 02/M/BM/2013 dan metode perhitungan NAASRA dengan menggunakan program Microsoft Excel.

1.6 BATASAN MASALAH

Untuk mencapai tujuan penulisan, maka penulis menggunakan batasan masalah untuk Desain Tebal Perkerasan Jalan Raya Berdasarkan MDPJ 02/M/BM/2013 dan NAASRA adalah :

1. Tidak menghitung tebal lapisan untuk lapangan terbang
2. Tidak membahas mengenai perkerasan lentur
3. Tidak membahas mengenai lapisan tanah
4. Tidak menggunakan Mutu Beton $> K-400$
5. Tidak menghitung drainase bawah median
6. Tidak menghitung biaya

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam studi ini, di dalam penulisan perencanaan tebal perkerasan jalan ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan rancangan yang akan dilakukan yang meliputi tinjauan umum, latar belakang, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan teori tentang Penelitian Terdahulu, Perkerasan Kaku, Komponen Konstruksi Perkerasan Kaku, Lalu Lintas Rencana dan Dowel

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini berisi tentang uraian tentang program Microsoft Excel, tahapan evaluasi menggunakan program Microsoft Excel, uraian metode MDPJ 02/M/BM/2013 dan metode NAASRA

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab 4 Hasil dan Pembahasan ini berisi tentang perencanaan tebal perkerasan menggunakan metode MDPJ 02/M/BM/2013 dan metode NAASRA.

BAB V PENUTUP

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

2.1.1 EVALUASI TEBAL LAPIS PERKERASAN LENTUR MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN NO. 22.2/KPTS/Db/2012 DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM KENPAVE

Menurut Simanjuntak Irvan dan Muis A. Zulkarnain, 2014. Jalan salah satu infrastruktur yang sangat penting dalam mendukung kegiatan mobilitas masyarakat , oleh karena itu telah dikembangkan beberapa jenis lapis perkerasan dan begitu juga metode untuk menghitung tebal lapis perkerasan. Di Indonesia metode perencanaan tebal perkerasan lentur yang digunakan adalah metode empiris yang dikembangkan dari hasil percobaan dan pengalaman . Metode empiris pada analisa ini yang digunakan adalah metode Manual Desain Perkerasan Jalan No.22.2/KPTS/Db/2012, sedangkan untuk metode mekanistiknya dilakukan dengan Program Kenpave. Metode mekanistik adalah metode dikembangkan berdasarkan kaidah teoritis dan karakteristik material perkerasan. Dalam analisa perkerasan jalan terdiri dari empat (4) lapis yang akan akan dibedakan atas dua tipe yaitu Tipe A dimana lapis pondasi atas berbahan granular base A, dan Tipe B dimana lapis pondasi atasnya berbahan Cement Treated Base (CTB. Kedua tipe perkerasan ini akan divariasikan berdasarkan

tingkat nilai beban lalu lintas rencana (CESAL) yaitu rendah, sedang dan tinggi dan variasi pada nilai CBR yaitu 2%, 4%, 6%, 8% dan 10 % . Dengan program Kenpave kedua tipe perkerasan tersebut akan dievaluasi dengan menghitung regangan tarik horisontal di bawah lapis permukaan dan regangan tekan di bawah lapisan pondasi atas, sehingga didapat analisa kerusakan struktur perkerasan fatigue dan rutting. Dari hasil evaluasi untuk tebal perkerasan tipe A menghasilkan jumlah repetisi beban yang lebih kecil dari jumlah repetisi beban yang direncanakan, dan untuk tebal perkerasan tipe B menghasilkan jumlah repetisi beban yang jauh lebih besar dari jumlah repetisi beban yang direncanakan.

Berdasarkan analisa dan evaluasi yang dilakukan dimana perencanaan tebal perkerasan dibagi atas dua jenis yaitu Tipe A (pondasi atas granular base A) dan Tipe B (pondasi atas Cement Treated Base) yang direncanakan dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan No 22.2/KPTS/Db/2012 yang kemudian dievaluasi menggunakan program Kenpave untuk mengetahui nilai regangan tarik bagian bawah lapis permukaan dan regangan tekan di bawah lapis pondasi bawah maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Tebal perkerasan lentur dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan No.22.2/KPTS/Db/2012 Tipe A (lapis pondasi atas granular Base A) pada semua jenis variasi CBR dan beban lalu lintas

menghasilkan jumlah repetisi beban yang lebih kecil dari repetisi beban rencana

- b. Tebal perkerasan lentur dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan No.22.2/KPTS/Db/2012 Tipe B (lapis pondasi atas Cement Treated Base) pada semua jenis variasi CBR dan beban lalu lintas menghasilkan jumlah repetisi beban yang lebih besar dari repetisi beban rencana
- c. Tebal perkerasan Tipe B berbahan CTB setelah dievaluasi menunjukkan nilai repetisi beban yang lebih besar dari nilai repetisi rencana, ini menunjukkan pemilihan bahan lapis perkerasan juga mempengaruhi nilai repetisi beban yang dihasilkan melalui program KenpavE.

2.1.2 PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA PADA RUAS JALAN DESA SALIK MUARA BADAK

Menurut Azis Amirudin dan Achmad, 2013. Perkerasan jalan adalah merupakan salah satu unsur konstruksi jalan raya sangat penting dalam rangka kelancaran transportasi darat sehingga memberikan kenyamanan dan keamanan bagi penggunanya, sehingga perlu direncanakan dengan baik berdasarkan standard dan kriteria perencanaan yang berlaku di Indonesia. Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang paling banyak digunakan oleh masyarakat untuk melakukan mobilitas keseharian dibandingkan

dengan transportasi air dan udara, sehingga volume kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut harus mampu di dukung oleh perkerasan jalan pada ruas jalan yang dilewatinya. Jenis perkerasan jalan, dapat berupa Perkerasan lentur (*flexible pavement*), Perkerasaan kaku (*rigid pavement*), dan Perkerasan Komposit, yang menggabungkan perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Khusus untuk perkerasaan kaku (*rigid pavement*) yang terbuat dari beton semen baik bertulang maupun tanpa tulangan dan lebih banyak digunakan pada ruas jalan yang mempunyai volume kendaraan berat yang tinggi serta sering mengalami banjir. Perencanaan Ruas Jalan yang terletak di Desa Saliki Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara ini adalah perencanaan jalan di desa yang menghubungkan satu daerah/ wilayah di desa Saliki Kecamatan Muara Badak karena kondisi jalan diperuntukkan atau direncanakan dengan ketentuan umur rencana lebih dari sepuluh tahun sesuai program pemerintah daerah Kutai Kartanegara untuk meningkatkan Infrastruktur khususnya sarana transportasi jalan di daerah tersebut maka di rencanakanlah perencanaan tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada jalan desa Saliki Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur yang mampu mendukung beban – beban berat yang masuk di jalur tersebut seperti truck dan alat berat yang masuk di jalur tersebut maka di haruskan dengan merencanakan

sebuah perencanaan jalan dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Dari hasil survey lapangan, analisis dan perhitungan pada pembahasan Tugas Akhir tentang “Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Pada Ruas Jalan Desa Saliki Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara”, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Data teknis perencanaan, adalah :
 - Panjang jalan yang direncanakan adalah sepanjang 800 meter dengan lebar jalan 2 x 3 meter.
 - Klasifikasi jalan menurut fungsinya adalah termasuk Jalur Kabupaten.
 - Umur rencana yang dilakukan adalah 20 tahun.
2. Hasil perencanaan adalah:
 - Tebal perkerasan beton (*rigid pavement*) = 20 cm dengan mutu beton K.250 (250 kg/cm²).
 - Dowel (Ruji) : Ø 25 mm, panjang 45 cm dengan jarak antar dowel = 30 cm.
 - Tie Bar : Ø 16 mm, Panjang 100 cm dengan jarak tie bar = 60 cm

Dari perhitungan tebal perkerasan dan panjang jalan yang direncanakan maka didapat Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp.2.384.690.000,00 (Dua Milyar Tiga

Ratus Delapan Puluh Empat Juta Enam Ratus Sembilan Puluh Ribu Rupiah)

2.1.3 ANALISA PERANCANGAN PERBANDINGAN TEBAL PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE AASHTO 1993, SNI PD-T14-2003, ROAD NOTE 29 DAN NAASRA 1987 JALAN KUBANG RAYA PROVINSI RIAU, LINTAS TIMUR SUMATERA

Menurut Tahrir Ruswandi & Budianto Eko, 2010. Kurangnya tingkat pelayanan jalan mendesak untuk segera dilakukan tahapan perencanaan pada setiap desain pembuatan jalan, karena tahapan tersebut sangat memegang peranan penting dalam merencanakan tebal perkerasan yang baik khususnya perkerasan kaku. Perencanaan perkerasan harus mempertimbangkan faktor ekonomi, kondisi lingkungan, sifat tanah dasar, beban lalu lintas, fungsi jalan dan faktor-faktor lainnya. Penentuan nilai rancang tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode diantaranya metode metode AASHTO, metode Binamarga, metode ROAD NOTE 29, metode SNI PD T-14 2003, metode NAASRA dll. Dipilihnya metode AASHTO 1993, SNI PD T-14 2003, ROAD NOTE 29 dan metode NAASRA 1987 dalam perancangan tebal perkerasan kaku jalan Kubang Raya propinsi Riau, Sumatera. Karena metode-metode tersebut menyediakan fasilitas yang dapat digunakan untuk desain perhitungan tebal

perkerasan kaku. Didapat dari perhitungan tebal pelat perkerasan kaku untuk nilai CBR 7,5% ,Metode SNI PD T-14 2003 setebal 20 cm, Untuk Metode ROAD NOTE 29 setebal 27 cm, Untuk Metode AASHTO 1993 setebal 25 cm, dan Untuk Metode NAASRA 1987 setebal 20 cm. Kemudian untuk nilai CBR 2,6% dari hasil perhitungan didapat tebal pelat untuk perkerasan kaku, Metode SNI PD T-14 2003 setebal 20 cm, Metode ROAD NOTE 29 setebal 27 cm, Metode AASHTO 1993 setebal 27 cm, dan Metode NAASRA 1987 setebal 22 cm. Untuk metode RN 29 kurang cocok jika digunakan pada kondisi tanah yang mempunyai nilai %CBR yang bervariasi, karena berdasarkan Analisa grafik nomogram pada metode tersebut hanya membedakan % CBR 2%, sedangkan nilai %CBR > 2 dianggap seragam. dan untuk % CBR < 2% hanya ditambah 2,5 cm pada hasil akhir perhitungan, sehingga hasil yang didapat kurang efisien jika %CBR berada pada angka CBR 2% jika dibandingkan dengan CBR 8%. Perhitungan tebal perkerasan kaku dengan menggunakan metode SNI PD T-14 2003 mendapatkan tebal 20 cm, yang berarti tipis jika dibandingkan dengan metode-metode lainnya.

2.1.4 STUDI TENTANG PENENTUAN PERSYARATAN MINIMUM UNTUK KONSTRUKSI JALAN BETON (RIGID PAVEMENT) DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN CARA PERCOBAAN PEMBEBANAN LANGSUNG DI LAPANGAN

Menurut Bachtiar Vivi dan Yusuf M, 2010. Daya dukung tanah gambut di Pontianak yang sangat rendah menimbulkan permasalahan dalam perencanaan jalan. Sampai saat ini, pembangunan jalan di Pontianak belum berhasil dengan baik. Kini, sistem konstruksi jalan di Pontianak mulai bergeser dari jalan aspal ke jalan beton. Beberapa kajian juga telah menunjukkan bahwa untuk tanah sangat lunak, jalan beton lebih cocok daripada jalan aspal. Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan daya dukung ultimit pelat beton di atas tanah gambut. Analisa dilakukan dengan metode uji pembebanan di lapangan. Variabel yang ditinjau adalah tebal pelat dan mutu beton. Hasil analisa menunjukkan bahwa peningkatan tebal pelat beton memberikan peningkatan yang tidak signifikan terhadap daya dukung ultimitnya, sedangkan peningkatan mutu beton memberikan peningkatan daya dukung ultimit secara 1,2 m dengan pendekatan bahwa beban ultimit \times signifikan. Untuk pelat berukuran 1,2 m berbanding linier terhadap tebal pelat dan mutu beton maka diperoleh hubungan matematis dalam bentuk

$$P_u = -2,053852918 + 0,10086f_c + 0,079799611t.$$

2.1.5 PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) PADA RUAS JALAN SIMPANG SP 1 MENUJU RIMBA AYU KECAMATAN KOTA BANGUN KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA

Menurut Aspian Putra Agi, 2015. Ruas Jalan Simpang SP1 Menuju Rimba Ayu Kecamatan Kota Bangun, adalah merupakan ruas jalan yang perlu dilakukan peningkatan perkerasan jalannya, karena secara teknis kondisi ruas jalan tersebut dalam kondisi rusak sedang sampai berat sehingga mengurangi kenyamanan dan kelancaran lalu lintas bagi masyarakat pengguna jalan juga perkembangan perekonomian Kota Bangun Pemerintah Kabupaten Kutai Kartanegara telah mengalokasikan dana untuk meningkatkan ruas jalan tersebut dengan menggunakan konstruksi perkerasaan kaku (*rigid pavement*).

Dalam analisa ini, penulis secara spesifik melakukan analisa untuk :

- a) Merencanakan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) serta diameter *Dowel* dan *Tie Bar* dan
- b) menghitung besar biaya pekerjaan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) ruas jalan tersebut.

Dari hasil survey lapangan, analisis dan perhitungan pada pembahasan Tugas Akhir tentang “Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Pada Ruas Jalan Simpang SP1 Menuju Rimba Ayu Kecamatan Kota Bangun Kabupaten Kutai Kartanegara”, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Panjang jalan yang direncanakan adalah sepanjang 7200 meter, lebar jalan 2x3,5 m , dan bahu jalan 2 x 1 m (tanah), tebal perkerasan beton (*rigid pavement*) = 200 mm dengan mutu beton K-300 .
- *Dowel* (Ruji) : Ø 25 mm, panjang 45 cm dengan jarak antar *dowel* = 30 cm. Dan *Tie Bar* : Ø 13 mm, panjang 55 cm dengan jarak antar *tie bar* = 60 cm.
- Besar biaya pekerjaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*), adalah Rp. 40.196.955.000,- (*Empat Puluh Milyar Seratus Sembilan Puluh Enam Juta Sembilan Ratus Lima Puluh Lima Ribu Rupiah*).

2.1.6 STUDI TENTANG PERILAKU PELAT BETON DI ATAS TANAH GAMBUT UNTUK PENGEMBANGAN JALAN BETON DI PONTIANAK

Menurut Azis Amirudin dan Achmad, 2013. Sebagian besar tanah permukaan di Kota Pontianak merupakan tanah gambut yang cukup tebal. Dari sudut pandang teknik sipil, tanah gambut mempunyai sifat-sifat mekanis yang tidak menguntungkan. Hal ini merupakan problema bagi para praktisi konstruksi gedung, jalan, dan jembatan di Kalimantan Barat pada umumnya. Sering dijumpai kegagalan konstruksi jalan menunjukkan bahwa para praktisi masih belum berhasil dengan memuaskan mengatasi rendahnya daya dukung tanah di daerah ini. Tulisan ini bermaksud memberikan

kontribusi untuk memecahkan masalah tersebut melalui simulasi program komputer. Variabel yang ditinjau adalah B (panjang sisi pelat bujur sangkar). Dari hasil studi ini didapat hubungan antara q (tekanan tanah) dan d (deformasi tanah). Dari hubungan q dan d diperoleh hubungan P (beban) dan d. Dari hubungan P dan d diperoleh hubungan P_u (beban ultimit) dan B. Dari hubungan q dan d diperoleh hubungan k (modulus reaksi tanah dasar) dan d. Dari hubungan k dan d diperoleh nilai k_1 (k pada penurunan 1 inci) dan B. Dalam beberapa tabel ataupun monograf yang menyajikan nilai k dari berbagai literatur, nilai B jarang muncul untuk menentukan nilai k_1 . Dari hasil studi ini, grafik k_1 dan B dengan jelas menggambarkan nilai k_1 semakin mengecil seiring dengan membesarnya nilai B. Untuk pelat berukuran 1,2 m x 1,2 m diperoleh nilai k_1 sebesar 0,144 MN/m³.

Sampel tanah yang diuji dalam studi ini adalah tanah gambut yang mempunyai daya dukung sangat rendah. Untuk memperkecil tekanan pada tanah maka penggunaan pelat kaku merupakan pilihan terbaik di mana semakin luas semakin kecil tekanan pada tanah. Program komputer yang dikembangkan dalam studi ini dapat menggambarkan Grafik hubungan tekanan versus deformasi tanah. Berdasarkan grafik tersebut telah dikembangkan juga program komputer untuk mendapatkan beban ultimit (P_u) dengan panjang

sisi pelat bujur sangkar (B) dapat di dekati dengan model MMF sebagai

$$P_u = \frac{0,74227.32,14439 + 245,2292B^{2,19891}}{32,14439 + B^{2,19891}}$$

Dengan menggunakan metode sekan telah didapat pula hubungan modulus reaksi tanah dasar (k) terhadap deformasi tanah. Dari hubungan ini dapat diperoleh nilai k_l yaitu k pada penurunan 1 inch dengan model

$$k_l = \frac{11791,98 + 224093,65B}{1 + 1427102,2B + 66839,47B^2}$$

Dengan pendekatan ini, untuk pelat berukuran 1,2m x 1,2m maka modulus reaksi tanah dasar diperoleh sebesar 0,144 MN/m³.

2.1.7 ANALISA PERHITUNGAN PERKERASAN BETON SEMEN (RIGID PAVEMENT) RUAS JALAN H. M ARDANS STA 1+900 S/D 3+400 DI KECAMATAN SAMARINDA ULU

Menurut Herman Dedi, 2013. Jalan H.M. Ardans merupakan salah satu jalan yang difungsikan sebagai jalan lingkaran luar (*outer ring road*) oleh Pemkot Samarinda karena letaknya yang strategis yang menghubungkan antara Kelurahan Air Putih, Kelurahan Air Hitam dan Kelurahan Sempaja Selatan. Sebelumnya Pemkot Samarinda sudah pernah melakukan pekerjaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) pada Jalan H.M. Ardans (*ring road II*), akan tetapi jalan ini tidak bertahan lama dan mengalami kerusakan yang

cukup signifikan dikarenakan terdapat tambang batu-bara dan perusahaan-perusahaan industri besar yang dalam sistem transportasinya menggunakan kendaraan-kendaraan berat, sehingga saat melintas, kendaraan-kendaraan berat tersebut merusak kondisi jalan yang ada. Oleh karena itu melihat kondisi ini, Pemkot Samarinda mengambil inisiatif untuk segera merencanakan perkerasan semen beton (*rigid pavement*) sebagai konstruksi perkerasan Jalan H.M. Ardans (*ring road II*) sebagai lanjutan perkerasan dari proyek jalan lingkaran luar (*outer ring road*).

Dari hasil survey dilapangan, analisis dan perencanaan pada pembahasan Tugas Akhir tentang “Analisa Perhitungan Perkerasan Beton Semen (*Rigid Pavement*) Ruas Jalan H.M. Ardans (*Ringroad II*) STA.1+900 s/d STA.3+400 di Kecamatan Samarinda Ulu”, maka diperoleh kesimpulan tebal rencana pelat beton dan penulangan yang menggunakan dowel dan *tie bar* dengan menggunakan SNI Pd-T-2003 adalah sebagai :

1. Untuk perkerasan jalan di dapat sebagai berikut :
 - a. Panjang jalan yang dianalisis sepanjang 1,5 kilometer dari STA.1+900 s/d STA.3+400 dengan lebar jalan 7 meter (2 lajur 2 arah).
 - b. Median jalan 4,5 Meter.
 - c. Klasifikasi jalan menurut fungsinya adalah termasuk Jalan Arteri (*Kelas II*).

- d. Umur rencana yang dilakukan adalah 20 tahun.
- e. Rencana jenis perkerasan menggunakan Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT).
- f. Tebal pelat beton = 230 mm dengan mutu beton K-350 (350 Kg/cm²).
- g. Tebal CBK = 100 mm (K-125) dan CBR efektif tanah dasar 50 %.
- h. Tebal Agregat kelas A = 150 mm
- i. Dari tabel Tegangan ekivalen (TE)

STRT	STRG	STdRG
0,74	1,25	0,99

- j. Dari tabel Faktor erosi (FE)

STRT	STRG	STdRG
2,01	2,61	2,7

- k. Faktor rasio tegangan (FRT)

STRT	STRG	STdRG
$= TE / f_{cf}$	$= TE / f_{cf}$	$= TE / f_{cf}$
$= 0,74 / 4,437$	$= 1,25 / 4,437$	$= 0,99 / 4,437$
$= 0,17$	$= 0,285$	$= 0,22$

- l. Analisa fatik adalah 36,78 % < 100 % dan analisa erosi adalah 81,75 % < 100%.

2. Untuk penulangan didapat :

- a. *Dowel* (Ruji) : Ø 36 mm, panjang 450 mm dengan jarak antar *dowel* = 300 mm.
- b. *Tie Bar* : D 16 mm, panjang 700 mm dengan jarak antar *tie bar* = 750 mm.

Bedasarkan perhitungan diatas terdapat beberapa perbedaan hasil perhitungan antara penulis dengan kondisi exsisting yang sudah ada dilapangan baik dari tebal perkerasan maupun penulangannya. Tentu saja hal ini disebabkan oleh beberapa pertimbangan yang pastinya sudah di perhitungkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kota Samarinda selaku pemilik proyek dalam lanjutan "Pembangunan Jalan H.M Ardans" sehingga menambahkan beberapa perhitungan baik tebal maupun penulangan jalan itu sendiri.

2.1.8 ANALISA KEKUATAN MATERIAL PADA APLIKASI DOWEL JALAN BETON

Menurut Sutowo Cahya, Kirono Sasi, Susanto Timbul, 2014. Jumlah kendaraan yang lewat dengan beban kendaraan melewati batas kuota beban kendaraan yang diperbolehkan melewati jalan tersebut menyebabkan jalan beton mengalami keretakan dan penurunan. Keretakan umumnya terjadi di antara segmen sehingga diperlukan dowel. Tujuan analisa adalah untuk mengetahui kekuatan dowel sebagai pengait antar segmen beton yang akan

berpengaruh terhadap jalan itu sendiri. Material yang digunakan adalah baja dengan diameter 19 mm dan 22 mm. Metode analisa yang digunakan metode eksperimen dengan melakukan uji tarik dan uji bending. Hasil pengujian tarik pada dowel diameter 19 mm didapatkan tegangan tarik maksimum sebesar 414,61 N/mm², kekuatan luluh sebesar 291,11 N/mm², dan regangan 23,8%. Sedangkan untuk uji bending pada gaya 15.000 N, tegangan bending sebesar 54,536 MPa. Sedangkan hasil pengujian tarik pada dowel dengan diameter 22 mm didapatkan tegangan tarik maksimum sebesar 565,94 N/mm², kekuatan luluh sebesar 375,10 N/mm², dan regangan 25,6%. Sedangkan untuk uji bending pada gaya 29.500 N didapatkan tegangan bending sebesar 79,997 MPa. Kesimpulan dalam analisa ini adalah Nilai kuat tarik untuk kedua baja tersebut tinggi karena melebihi kuat tarik minimum Standar SNI untuk BJPT, yakni 382 N/mm² untuk dowel dengan diameter 19 mm dan 480 N/mm² untuk dowel dengan diameter 22 mm. Kekuatan material dowel dengan diameter 19 mm mampu menahan beban maksimal 15 ton. Sedangkan kekuatan material dengan diameter 22 mm mampu menahan beban maksimal 30 ton.

2.1.9 PERENCANAAN JALAN RING ROAD BARAT PEREMPATAN CILACAP DENGAN MENGGUNAKAN BETON

Menurut Putra Gud Purmala, Darma Eko, Soedarmin, 2015. Perkerasan jalan beton pada saat ini menjadi solusi yang efektif untuk menanggulangi kerusakan jalan aspal akibat beban kendaraan yang terlalu berat. Kerusakan jalan aspal pada umumnya disebabkan oleh beban kendaraan berat dan faktor lingkungan (cuaca), seperti yang terjadi pada Simpang jalan Ring Road Barat Pendekat Utara Cilacap. Kerusakan yang terjadi berupa lendutan, retakan, dan jalan aspal mengelupas. Tujuan dari analisa ini adalah mencoba untuk mengatasi dampak kerusakan yang terjadi pada jalan aspal tersebut dengan perencanaan jalan dari beton. Metode yang digunakan adalah menganalisis panjang dan lebar jalan aspal yang akan direncanakan menjadi jalan beton, menghitung jumlah kendaraan berat (berat kendaraan ≥ 5 ton, seperti truk 3 as, kontainer, dan truk gandeng) yang melewati jalan tersebut. Perencanaan jalan tersebut meliputi perencanaan jalan beton bertulang dengan sambungan, tebal lapisan perkerasan dan penulangan. Hasil perhitungan pada perencanaan jalan beton tersebut diperoleh tebal lapis perkerasan beton sebesar 150 mm, diameter penulangan arah melintang sebesar D10 – 250 mm, dan penulangan arah memanjang sebesar D12 – 150 mm.

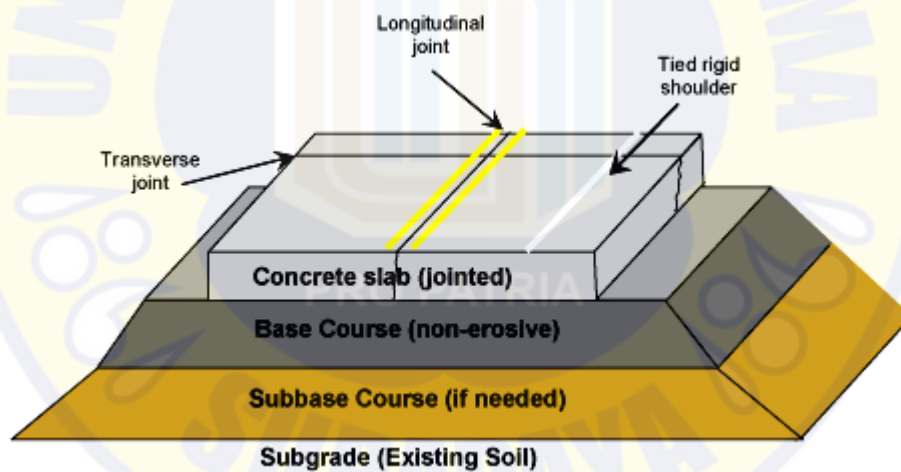
2.1.10 PERBANDINGAN KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU SERTA ANALISIS

EKONOMINYA PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN LINGKAR MOJOAGUNG

Menurut Nurahmi Oktodelina, Kartika Anak Agung Gde, 2012. Jalan Raya Mojoagung sebagai pintu masuk Jombang dari Surabaya saat ini tidak mampu lagi menampung arus lalu lintas yang terus meningkat. Karena itu, muncul wacana pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung untuk membagi volume lalu lintas jalan lingkar dan jalan eksisting dan mempersingkat jarak tempuh. Tujuan Tugas Akhir ini adalah menghitung tebal perkerasan lentur dan kaku, perhitungan total biaya konstruksi dan pemeliharaan perkerasan lentur dan kaku, mencari *user cost* dengan menggunakan metode N.D. Lea, dan membandingkan kedua perkerasan secara ekonomi dengan perhitungan Benefit Cost Ratio. Dari hasil perhitungan untuk konstruksi perkerasan lentur, didapatkan tebal *Surface Course* (Laston) = 13 cm, *Base Course* (Batu Pecah Kelas A) = 20 cm, *Sub Base Course* (Sirtu Kelas B) = 31 cm. Untuk perkerasan kaku digunakan tebal *Surface Course* (pelat beton) = 28 cm, *Sub Base Course* (Sirtu Kelas A) = 20 cm. Dari hasil analisis dan evaluasi ekonomi diperoleh hasil , Alternatif dan . Dengan demikian, dipilih Alternatif B atau perkerasan kaku untuk Jalan Lingkar Mojoagung dengan alasan lebih menguntungkan dari segi ekonomi jalan raya.

2.2 PERKERASAN KAKU

Menurut Ari Suryawan, perkerasan kaku atau yang disebut dengan *Rigid Pavement* terdiri dari beton dan lapisan pondasi (bisa juga tidak ada) diatas tanah dasar. Distribusi beban yang cukup tinggi akan berpengaruh pada perencanaan plat beton. Sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan perkerasan kaku adalah kekuatan beton itu sendiri, adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi yang berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya (tebal pelat betonnya).



Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Kaku

Sumber : Ari Suryaawan, Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (*Rigid Pavement*)

2.3 MATERIAL PERKERASAN KAKU

Perkerasan kaku biasanya dibangun dari Portland Beton semen dan mungkin atau tidak memiliki jalur dasar antara tanah dasar dan permukaan beton.

Adapun material yang digunakan untuk perkerasan kaku antara lain :

2.3.1 Tanah

Tanah pada konstruksi jalan diperlukan untuk membentuk badan jalan, yaitu berupa urugan. Tanah yang terbaik untuk material adalah tanah dari *borrow pit* (tanah penggalian yang telah kehilangan top soil dan sub soil), karena akan mempunyai karakteristik yang seragam pada daerah sekitarnya.

Tanah yang disarankan untuk digunakan sebagai material, mempunyai harga CBR (*California Bearing Ratio*) rendaman (*soaked*) minimal 6%

CBR Ekvivalen untuk Tanah Dasar Normal untuk Perkerasan Kaku

$$CBREkivalen = \left(\frac{\sum(h^3 \sqrt{CBR})}{\sum h} \right)^3 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

h = tinggi lapisan dan $\sum h$ adalah 1 meter

sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Nomor 02/M/BM/2013

Berikut ini contoh mencari harga CBR :

1) Secara Analitis

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - (\text{CBRmax} - \text{CBRmin}) / R \dots\dots\dots (2.2)$$

Sumber : Program Anakomp, Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan

Raya, by Tony Hartono Bagio, 1995

Dimana :

R = tergantung dari jumlah data dalam 1 segmen.

Besar nilai R dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Tabel nilai R dalam CBR

TABEL CBR	
JUMLAH DATA	NILAI R
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.67
7	2.83
8	2.96
9	3.08
10	3.18

Sumber : Program Anakomp, Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

(Tony Hartono Bagio,1995)

2) Secara Grafis

Prosedurnya sebagai berikut :

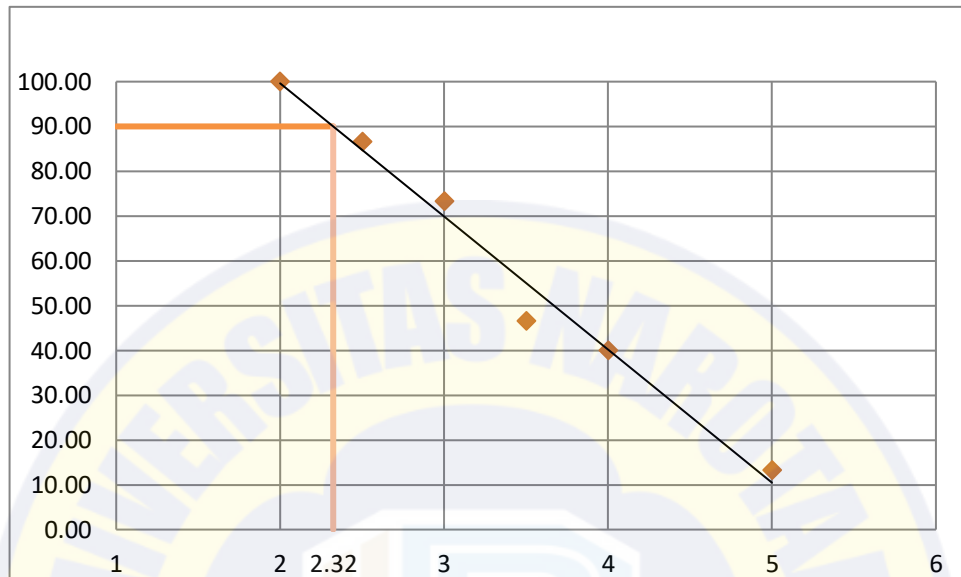
1. Tentukan nilai CBR terendah
2. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing – masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabelaris mulai dari nilai CBR terkecil sampai terbesar
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan prestase dari 100%
4. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan presentase tadi
5. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

Contoh :

Tabel 2.2 Mencari Nilai CBR Secara Grafis

CBR	nCBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persen (%) yang sama atau lebih besar	
[1]	[2]	[3]	[5]	
2	2	15	$(15/15)*100$	100.00
2.5	2	13	$(13/15)*100$	86.67
3	4	11	$(11/15)*100$	73.33
3.5	1	7	$(7/15)*100$	46.67
4	4	6	$(6/15)*100$	40.00
5	2	2	$(2/15)*100$	13.33
Σ	15	54	<i>untuk Grafik</i>	

Dari perhitungan data pada tabel diatas dibuat grafik sebagai berikut :



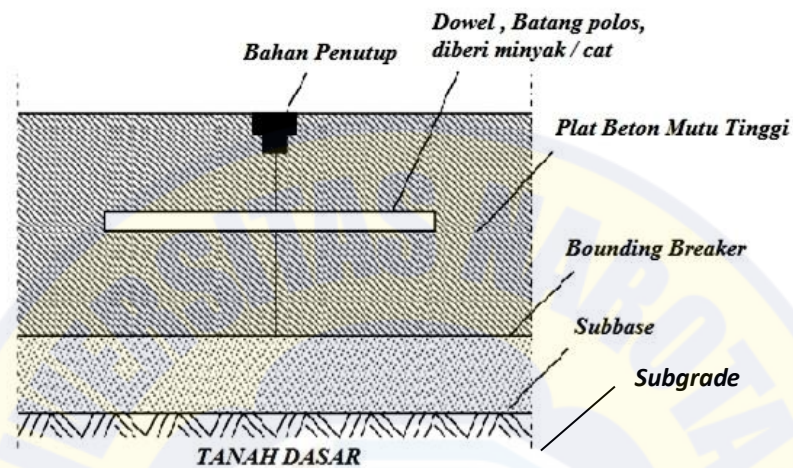
Gambar 2.2 Menentukan CBR Dengan Cara Grafis

2.3.2 Beton

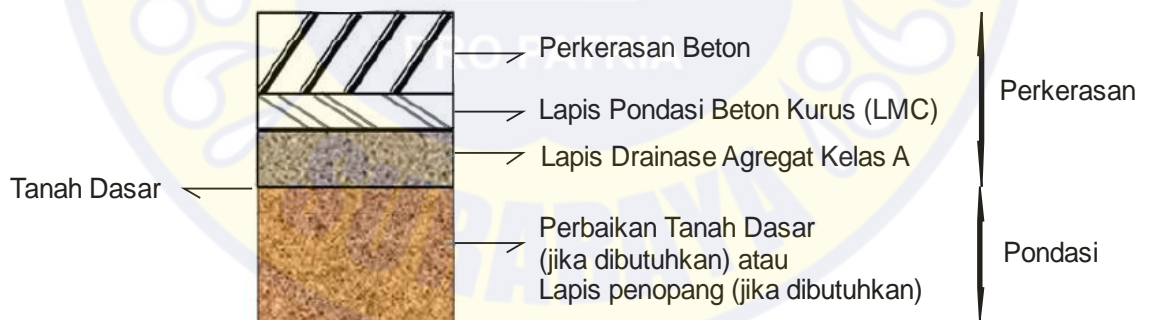
Beton atau beton – semen, baik beton bertulang maupun beton tak bertulang, banyak digunakan untuk konstruksi jalan raya sebagai bangunan pelengkap jalan, bangunan drainase jalan dan jembatan serta untuk lapis perkerasan kaku (*rigid pavement*).

2.4 KOMPONEN KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU

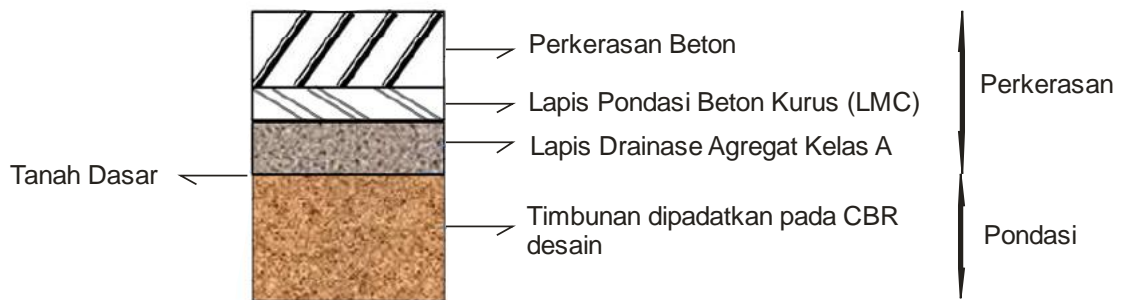
Adapun komponen konstruksi perkerasan beton semen (*rigid pavement*) adalah sebagai berikut:



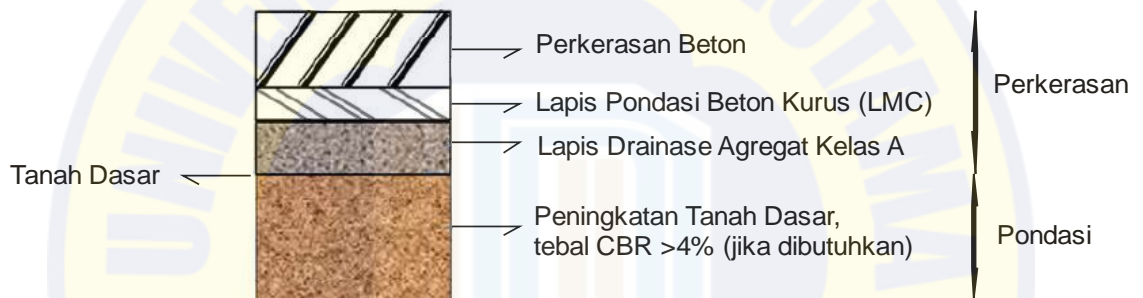
Gambar 2.3 Skema Potongan Melintang Konstruksi Perkerasan Kaku



Gambar 2.4 Struktur Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli (*At Grade*)



Gambar 2.5 Struktur Perkerasan Kaku Pada Timbunan

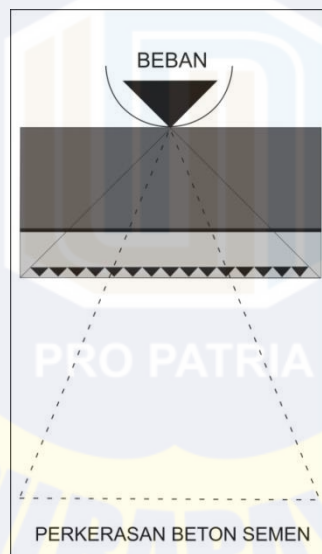


Gambar 2.6 Struktur Perkerasan Kaku Pada Galian

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013

2.4.1 Tanah Dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah bagian dari permukaan badan jalan yang dipersiapkan untuk menerima konstruksi di atasnya yaitu konstruksi perkerasan. Tanah dasar ini berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas yang telah disalurkan/disebarkan oleh konstruksi perkerasan. Pada konstruksi perkerasan kaku fungsi tanah dasar tidak terlalu menentukan, dalam arti kata bahwa perubahan besarnya daya dukung tanah dasar tidak berpengaruh terlalu besar pada nilai konstruksi (tebal) perkerasan kaku.



Gambar 2.7 Perkerasan Beton

2.4.1.1 Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

Menurut Metode Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013, Metode yang dipakai saat ini melibatkan :

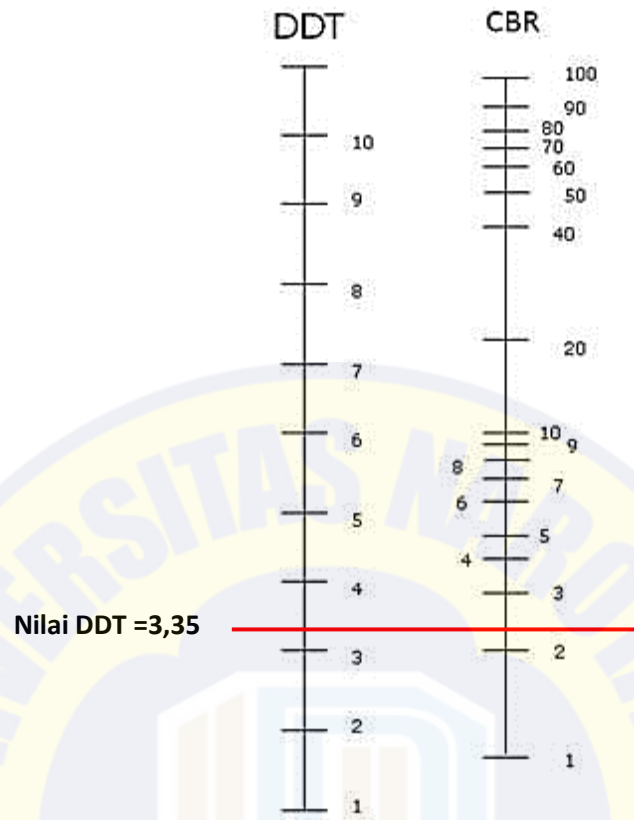
- a) Penentuan daya dukung ekivalen bagi satu meter pertama tanah dasar , atau
- b) Penentuan modulus reaksi tanah dasar dari *plate bearing test*.
- c) Daya dukung ekivalen yang menghasilkan tingkat tegangan maksimum yang sama pada dasar pelat perkerasan kaku diatas tanah lunak yang diberi lapis penopang (*capped*) dibandingkan terhadap tanah dasar yang seragam dengan kedalaman tak terbatas yang mempunyai daya dukung yang sama. Analisa multilayer (*circly*) digunakan untuk memperoleh matriks solusi.

Mencari Nilai Daya Dukung Tanah Dasar

Dari Gambar 2.2 Menentukan CBR dengan cara Grafis diperoleh nilai CBR yang mewakili adalah 3.42.

Jadi nilai DDT yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned} \text{DDT} &= 4,3 \times \log \text{CBR} + 1,7 \dots\dots\dots (2.3) \\ &= 4,3 \times \log(3,42) + 1,7 \\ &= 3,35 \end{aligned}$$



Gambar 2.8 Korelasi DDT dan CBR

Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, serta persentase kendaraan dengan berat ≥ 13 ton, dan keadaan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun.

Tabel 2.3 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I		Kelandaian II		Kelandaian III	
	(< 6%)		(6 - 10%)		(>10%)	
	% Kendaraan Berat					
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
Iklim I (< 900 mm / th)	0,5	1,0 - 1,5	1	1,5 - 2	1,5	2 - 2,5
Iklim II (> 900 mm / th)	1,5	2,0 - 2,5	2	2,5 - 3	2,5	3 - 3,5

Sumber : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin

Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian, dan tikungan tajam (jari-jari 30m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya seperti yang tersebut di bawah ini :

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 : adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)

IP = 2,0 : adalah tingkat pelayanan paling rendah bagi jalan yang masih mantap

IP = 2,5 : adalah menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

2.4.2 Lapis Pondasi (*subbase*)

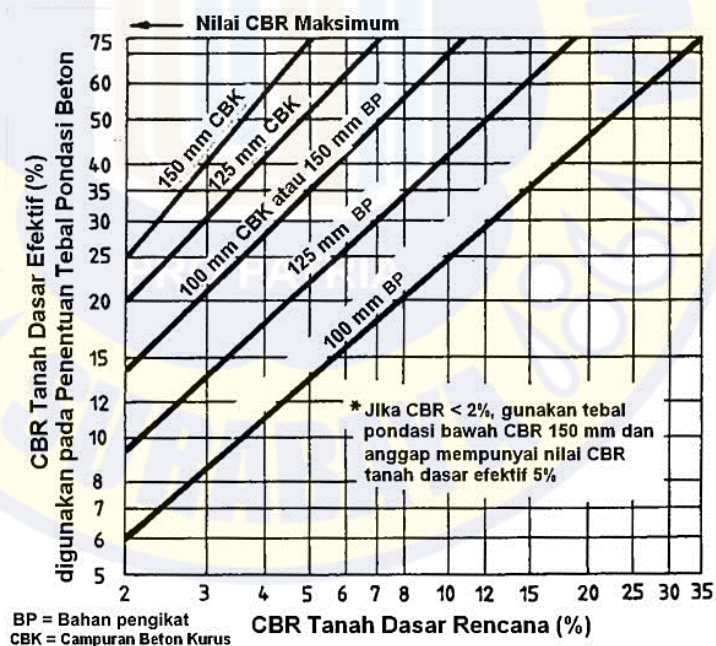
Lapis pondasi *subbase* terletak di antara tanah dasar dan pelat beton semen. Fungsi lapisan *subbase* tidak begitu struktural, maksudnya keberadaan lapisan *subbase* tidak untuk menambah nilai struktur perkerasan. Namun fungsi utama lapisan *subbase* adalah sebagai lantai kerja yang rata. Apabila *subbase* tidak rata, maka pelat beton juga tidak rata. Ketidakrataan ini dapat berpotensi sebagai *crack inducer* atau keretakan pada struktur bagian dalam.

Tabel 2.4 Solusi Desain Pondasi Minimum

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur Desain Pondasi	Deskripsi Struktur Pondasi Jalan	Lalu lintas Desain umur Rencana 40 tahun(juta CESA5)		
				<2	2,0-4,0	>4
				Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
≥ 6	SG 6	A	Perbaiki tanah dasar meliputi bahan stabilitas kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200 mm tebal lepas)	Tidak perlu peningkatan		
5	SG 5					100
4	SG 4			100	150	200
3	SG 3			150	200	300
2,5	SG 2,5			175	250	350
Tanah ekspansif (potential swell > 5%)		AE		400	500	600
Perkerasan lentur diatas tanah lunak	SG1 aluvial	B	Lapis penopang (capping layer) (2)(4)	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid (2)(4)	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum - peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir (2)(4)	1000	1250	1500

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

- 1) Nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan
- 2) Diatas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekivalen 3.42%
- 3) Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus mempertimbangkan semua isu kritis
- 4) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi)
- 5) Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah dibawah daerah yang dipadatkan.



Gambar 2.9 CBR Tanah Dasar Rencana (%)

Sumber : Pd T -14-2003

Pada perkerasan kaku, lapis pondasi bawah tidak dianggap sebagai lapis yang menopang atau mendukung, akan tetapi jika lapis pengikat (*bound Subbase*) dan akan diperhitungkan daya dukungnya, maka nilai **k** yang digunakan “**k gabungan**” yang dapat di tentukan dengan perkiraan seperti tabel 2.5.



Gambar 2.10 Pondasi Bawah minimum yang diperlukan untuk perkerasan kaku

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin, 2008)

Hubungan kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik – lentur beton dapat didekati dengan rumus :

$$f_{cf} = K(fc')^{0.50} \text{ dalam MPa} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$f_{cf} = 3,13K(fc') \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

f_c' = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)

f_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)

K = konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan
0,75 untuk agregat pecah

Tabel 2.5 Tipikal Nilai Kekuatan Lapis Pondasi

Jenis Material	Kisaran Kekuatan
	Mpa / GPa
Granular	(55 – 138 GPa)
Lapis pondasi stabilisasi semen	(3,5 – 6,9 GPa)
Tanah stabilisasi semen	(2,8 – 6,2 GPa)
Lapis pondasi diperbaiki dengan aspal	(2,4 – 6,9 GPa)
Lapis pondasi diperbaiki dengan aspal emulsi	(2,8 – 2,1 GPa)

Dari : AASTHO Interim Guide For Design of Pavement Structure, 1972

Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirler L. Hendarsin, 2008

2.4.3 Tulangan

Pada perkerasan kaku terdapat dua jenis tulangan, yaitu :

1. Tulangan pada pelat beton berfungsi untuk memperkuat pelat beton tersebut .
2. Tulangan sambungan untuk menyambung kembali bagian-bagian pelat beton yang telah terputus (diputus).

Kedua tulangan tersebut memiliki bentuk, penempatan, serta fungsi yang berbeda satu sama lain.

2.4.3.1 Kebutuhan Penulangan pada Perkerasan Bersambung Tanpa Tulangan

Tipikal penggunaan penulangan khusus ini antara lain :

1. Tambahan pelat tipis
2. Sambungan yang tidak tepat

2.4.3.2 Penulangan pada Perkerasan Bersambung Dengan Tulangan

Luas tulangan pada perkerasan ini dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$A_s = \frac{11,76(F * L * h)}{F_s} \quad (2.6)$$

Dimana :

A_s = luas tulangan yang diperlukan (mm/m lebar)

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya tak berdimensi

L = jarak antara sambungan (m)

h = tebal plat (mm)

F_s = tegangan tarik baja ijin, (MPa) (± 230 MPa)

*catatan : A_s minimum untuk segala keadaan 0,1% dari luas penampang beton. Sumber : P dT-14-2003

Tabel 2.6 Koefisien Gesekan antara pelat beton semen dengan lapisan pondasi dibawahnya

JENIS PONDASI	Faktor Gesekan (F)
BURTU, LAPEN dan konstruksi sejenis	2.2
Aspal Beton, LATASTON	1.8
Stabilisasi Kapur	1.8
Stabilisasi Aspal	1.8
Stabilisasi Semen	1.8
Koral Sungai	1.5
Batu Pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

Sumber : SKBI 2.3.28.1988

Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin, 2008

Penulangan pada Perkerasan Menerus dengan Tulangan

1) Penulangan Memanjang

$$p_s = \frac{100f_t}{f_y - n * f_t} (1,3 - 0,2F) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

Ps = presentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton (%)

ft = kuat tarik lentur beton yang digunakan 0,4 - 0,5 fr, dalam MPa

f_y = tegangan leleh baja (berdasarkan $f_y < 400$ / MPa – BJ41, $f_y = 250$)

n = angka ekivalen antara baja dan beton = $\frac{E_s}{E_c}$

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya, tak berdimensi

E_s = modulus elastisitas baja
(berdasarkan SNI 2015 digunakan 200.000 MPa)

E_c = modulus elastisitas beton

Berdasarkan SNI 2013 digunakan $4700 \sqrt{f_c'}$ MPa

Tabel 2.7 Hubungan antara Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja dan Beton (n) serta (f_r)

f_c' (kg/cm ²)	f_c' (Mpa)	n	f_r (rupture) (Mpa)
115	11.3	13	2.1
120 - 135	11,8 - 16,2	12	2.2
140 - 165	13,7 - 16,2	11	2.4
170 - 200	16,7 - 19,6	10	2.6
205 - 250	20,1 - 24,5	9	2.9
260 - 320	25,5 - 31,4	8	3.3
330 - 425	32,4 - 41,7	7	3.7
450	44.1	6	4.1

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin

Persentase minimum tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% dari luas penampang beton. Jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$Lcr = \frac{ft^2}{n * p^2 * u * fb(SEC - ft)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

Lcr = Jarak teoritis antara retakan, dalam meter

Jarak optimum antara 1 – 2 meter

p = luas tulangan memanjang per satuan luas beton

fb = tegangan lekat antara tulangan dengan beton yang dikenal sebagai “lekat lentur”, dalam MPa.

Besaran lekat lentur yang dipakai dalam praktis, menurut ACI 1963 untuk tulangan dengan diameter $\leq 35,7$ mm :

Tegangan lekat dasar :

$$\frac{0,79}{d} \sqrt{fc'} \leq 5,5 Mpa \dots\dots\dots (2.9)$$

d (diameter tulangan) dalam cm

S = koefisien susut beton, umumnya dipakai antara (0,0005 – 0,0006) untuk pelat perkerasan jalan

Ft = kuat tarik lentur beton yang digunakan 0,4 – 0,5 fr, dalam MPa

N = angka ekivalen antara baja dan beton

u = keliling penampang tulangan per satuan luas tulangan

$$\frac{4}{d} \text{ dalam (m}^{-1}\text{)}$$

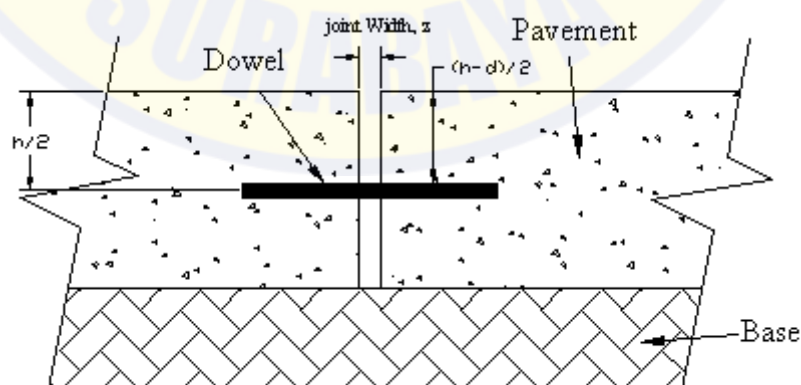
E_c = modulus elastisitas beton

2) Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang yang diperlukan pada perkerasan beton menerus, dihitung dengan persamaan yang sama seperti pada perhitungan penulangan perkerasan beton bersambung dengan tulangan.

2.4.4 Dowel

Dowel adalah batang baja polos atau baja profil yang berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan yang dipasang dengan separuh panjang terikat dan separuh panjang dilumasi atau dicat untuk memberi kebebasan bergeser.



Gambar 2.11 Dowel

Tabel 2.8 Dowel

TEBAL PLAT PERKERASAN	DOWEL		
	Diameter	Panjang	Jarak
mm	mm	mm	mm
150	19	450	300
175	25	450	300
200	25	450	300
225	32	450	300
250	32	450	300
275	32	450	300
300	38	450	300
325	38	450	300
350	38	450	300

Sumber : principles of Pavement Design by Yoder &Witczak, 1975

Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin

2.5 LALU LINTAS RENCANA

Metode penentuan beban lalu lintas rencana untuk perencanaan tebal perkerasan kaku dilakukan dengan cara mengakumulasikan jumlah beban sumbu (dalam rencana lajur selama usia rencana) untuk masing – masing jenis kelompok sumbu, termasuk distribusi beban ini.

Tahapan yang dilakukan sebagai berikut :

2.5.1 Karakteristik Kendaraan

- a. Jenis kendaraan yang diperhitungkan hanya kendaraan niaga dengan berat total minimum 5 ton.
- b. Konfigurasi sumbu yang diperhitungkan ada 3 macam, yaitu :
 1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
 2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
 3. Sumbu ganda roda ganda (SGRG)

2.5.2 Tata Cara Perhitungan Lalu Lintas Rencana

- a. Hitung volume lalu lintas (LHR) yang diperkirakan pada akhir usia rencana, sesuaikan dengan kapasitas jalan.
- b. Untuk masing – masing jenis kelompok sumbu kendaraan niaga, diestimasi angka LHR awal dari kelompok sumbu dengan beban masing – masing kelipatan 0,5 ton (5 – 5,5), (5,5 – 6), (6 – 6,5) dst.
- c. Mengubah beban trisumbu ke beban sumbu tandem di dasarkan bahwa trisumbu setara dengan dua sumbu tandem.
- d. Hitung jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama usia rencana.

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah Sumbu Kendaraan Maksimum

JSKNH= Jumlah Sumbu Kendaraan Maksimum Harian

R = faktor Pertumbuhan Lalu Lintas yang Besarnya berdasarkan faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan usia rencana (n)

Untuk (i ≠ 0)

$$R = \frac{(l+i)n-1}{e^{\log(1+i)}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Untuk (i ≠ 0), jika setelah m tahun pertumbuhan lalu lintas tidak terjadi lagi

$$R = \frac{(l+i)m-1}{e^{\log(1+i)}} + (n-m)(l+i)m-i \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk (i` ≠ 0), jika setelah n tahun pertumbuhan lalu lintas berbeda dengan sebelumnya (i` / tahun)

$$R = \frac{(l+i)m-1}{e^{\log(1+i)}} + \frac{(1+i)m(1+i)n-m-1}{e^{\log(1+i)}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Sumber : DPU, Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen) 1985

- e. Hitung presentase masing – masing kombinasi konfigurasi beban sumbu terhadap jumlah sumbu kendaraan niaga harian.
- f. Hitung jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi / beban sumbu pada lajur rencana :

$$JSKN \times \% \text{ kombinasi terhadap } JSKNH \times Cd.. \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

C_d = Koefisien Distribusi

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai :

$$ESA = (\sum \text{jeniskendaraan} \cdot LHRT \cdot VDF \cdot \text{FaktorDistribusi}) \quad (2.15)$$

$$CESA = ESA \cdot 365 \cdot R \quad (2.16)$$

Dimana :

ESA = Lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) untuk 1 (satu) hari

LHRT = Lintas harian rata – rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

CESA = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

Tabel 2.9 Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Jumlah Lajur	Kendaraan Niaga	
	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00
2 lajur	0,70	0,50
3 lajur	0,50	0,475
4 lajur	-	0,45
5 lajur	-	0,425
6 lajur	-	0,4

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin, 2008

Tabel 2.10 Faktor Keamanan

Peranan Jalan	Faktor Keamanan
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolektor / Lokal	1,0

Sumber: SKBI 2.3.1988,

Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin

Tabel 2.11 Perbandingan Tegangan dan Jumlah Pengulangan Beban yang diijinkan

Perbandingan Tegangan ^a	Jumlah Pengulangan Beban Ijin	Perbandingan Tegangan	Jumlah Pengulangan Beban Ijin
0.51^b	400000	0.69	2500
0.52	300000	0.70	2000
0.53	240000	0.71	1500
0.54	180000	0.72	1100
0.55	130000	0.73	850
0.56	100000	0.74	650
0.57	75000	0.75	490
0.58	57000	0.76	360
0.59	42000	0.77	270
0.60	32000	0.78	210
0.61	24000	0.79	160
0.62	18000	0.80	120
0.63	14000	0.81	90
0.64	11000	0.82	70
0.65	8000	0.83	50
0.66	6000	0.84	40
0.67	4500	0.85	30
0.68	3500		

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin

- ^a. Tegangan akibat beban dibagi dengan kuat lentur tarik (*modulus of rupture*)

- b. Untuk perbandingan tegangan $\leq 0,50$ jumlah pengulangan beban adalah tidak terhingga

Sumber : Pavement Design, NAASRA 1987. Ibid : Shirley L. Hendarsin, 2008.

2.5.3 Tata Cara Perencanaan Ketebalan

Tabel 2.12 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 tahun (juta)				
		(pangkat 4 kecuali disebutkkn lain)				
		0-0,5	0,1-4	4,0-10	10,0-30	>30
Perkerasan Kaku dengan Lalu lintas Berat	4			2	2	2
Perkerasan Kaku dengan lalu Lintas Rendah (desa dan perkotaan)	4A		1.2			
AC EC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (pangkat 5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)	3			2		
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1.2		
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3		1.2			
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	GAMBAR 6	3	3			
Lapis Pondasi Soil Cement	6	1	1			
Perkerasan Tanpa Penutup	GAMBAR 6	1				



Solusi yang lebih diutamakan (lebih murah)



Alternatif

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

1. Dasar Penentuan Ketebalan

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum k^2) - (\sum k)^2}{n(n-1)}} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

S = Standar Deviasi

k = Modulus reaksi Tanah Dasar tiap titik di dalam seksi jalan

n = Jumlah data k

Tabel 2.13 Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overload)	< 4,3 x 10 ⁶	< 8,6 x 10 ⁶	< 25,8 x 10 ⁶	< 43 x 10 ⁶	< 86 x 10 ⁶
Dowel dan bahu beton	Ya				
Struktur Perkerasan (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis pondasi LMC	150				
Lapis pondasi Agregat Kelas A	150				

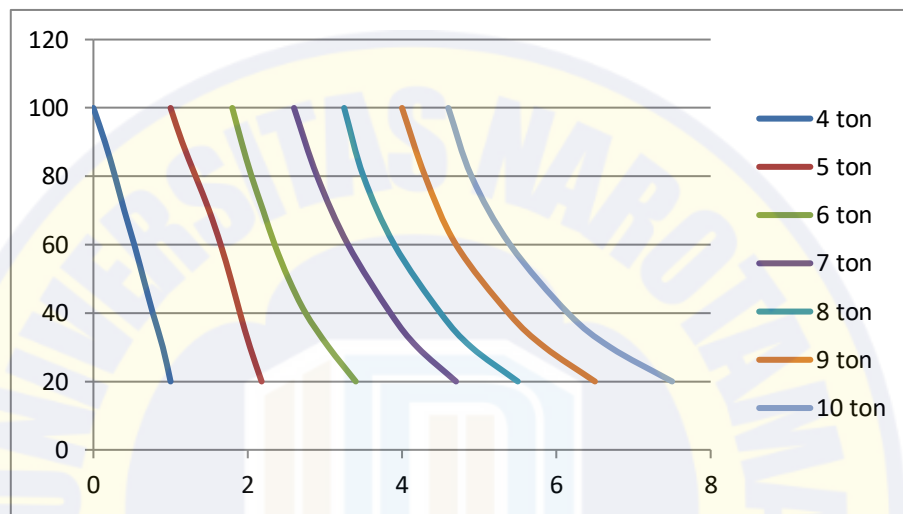
Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

Tebal Perkerasan Minimum

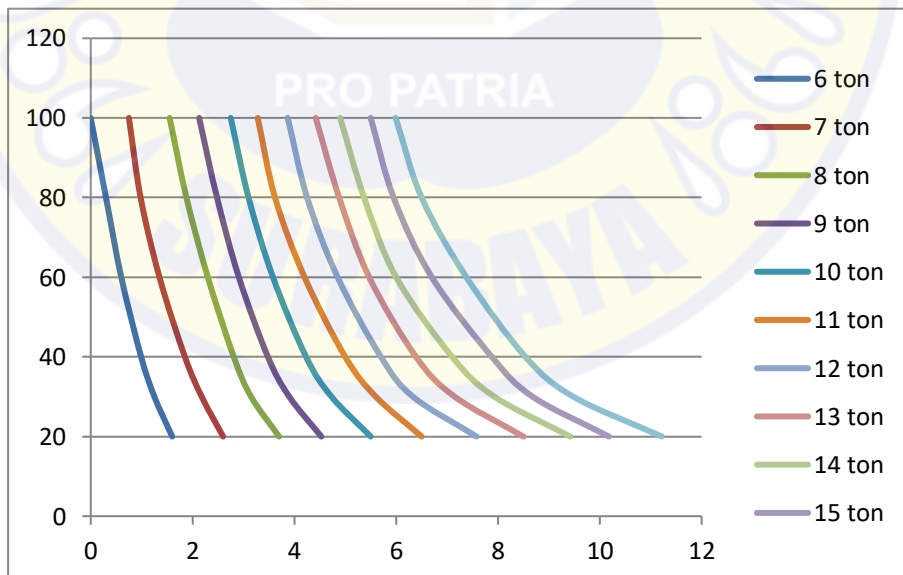
Tebal perkerasan kaku yang akan dilalui kendaraan niaga, tidak boleh kurang dari 150 mm kecuali perkerasan bersambung tidak bertulang tanpa ruji (dowel), tebal minimum harus 200 mm.

2.5.4 Menghitung Persentase Fatigue

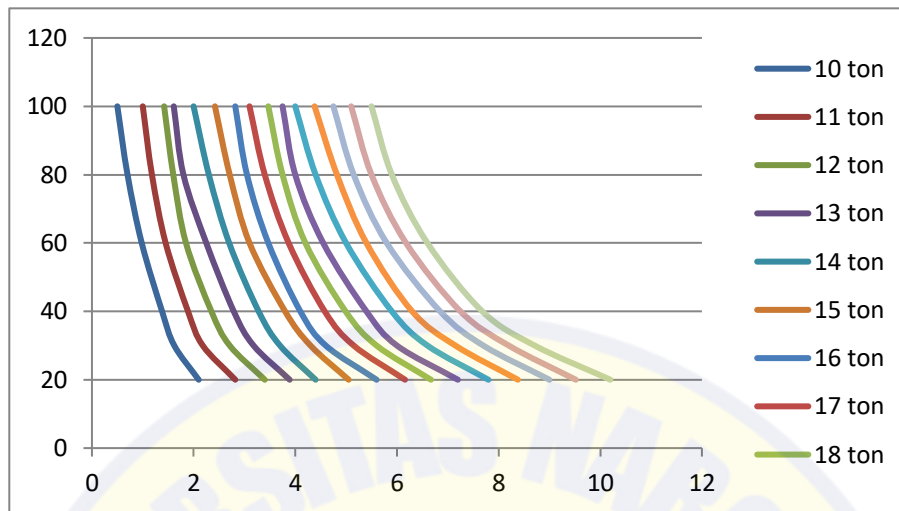
Persentase Fatigue dihitung berdasarkan nilai Tegangan yang Terjadi, dilihat dari grafik Perencanaan STRT, Perencanaan STRG, dan Perencanaan SGRG.



Gambar 2.12 Perencanaan Untuk STRT

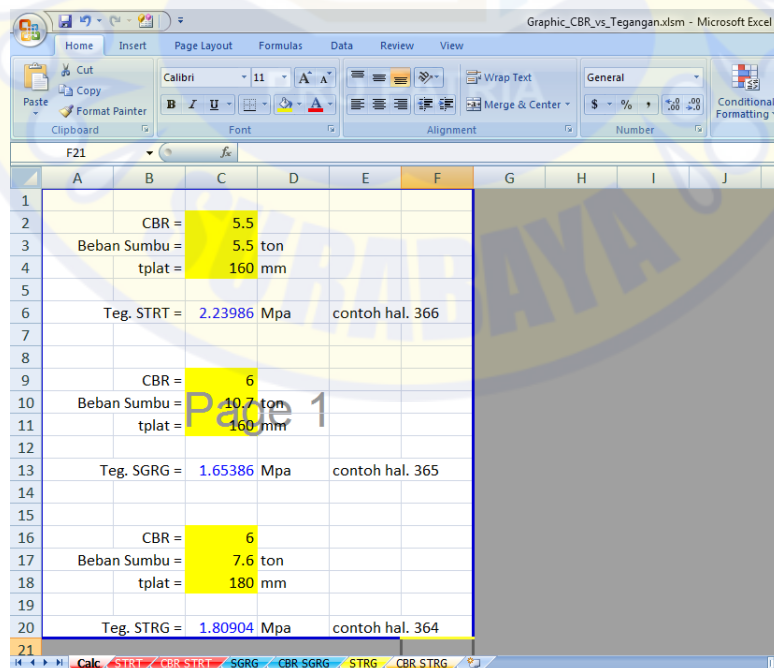


Gambar 2.13 Perencanaan Untuk STRG



Gambar 2.14 Perencanaan Untuk SGRG

Grafik tersebut dibuat dengan menjabarkan data pada gambar perencanaan STRT, perencanaan STRG, dan perencanaan SGRG, sehingga dapat langsung di kalkulasi menggunakan Microsoft Excel, tanpa harus menarik garis pada masing – masing gambar.



Gambar 2.15 Kalkulasi Perhitungan Tegangan yang Terjadi

Tabel 2.14 Jarak dan Diameter Tulangan

Spasi (mm)	Diameter (mm)								
	Polos			Deform / Ulir					
	8	10	12	13	16	19	22	25	29
50	1005	1571	2262	2655	4021	5671	7603	9817	13210
75	670	1047	1508	1770	2581	3780	5068	6545	88007
100	503	785	1131	1327	2011	2835	3801	4909	6605
125	402	628	905	1062	1608	2268	3041	3972	5284
150	335	524	754	885	1340	1890	2534	3272	4403
175	287	449	646	758	1149	1620	2172	2805	3774
200	251	393	565	664	1005	1418	1901	2454	3303
225	223	349	503	590	894	1260	1689	2182	2936
250	201	314	452	531	804	1134	1521	1963	2642
275	183	286	411	483	731	1031	1382	1785	2402
300	168	262	377	442	670	945	1267	1636	2202

Sumber : SNI 1727 2013

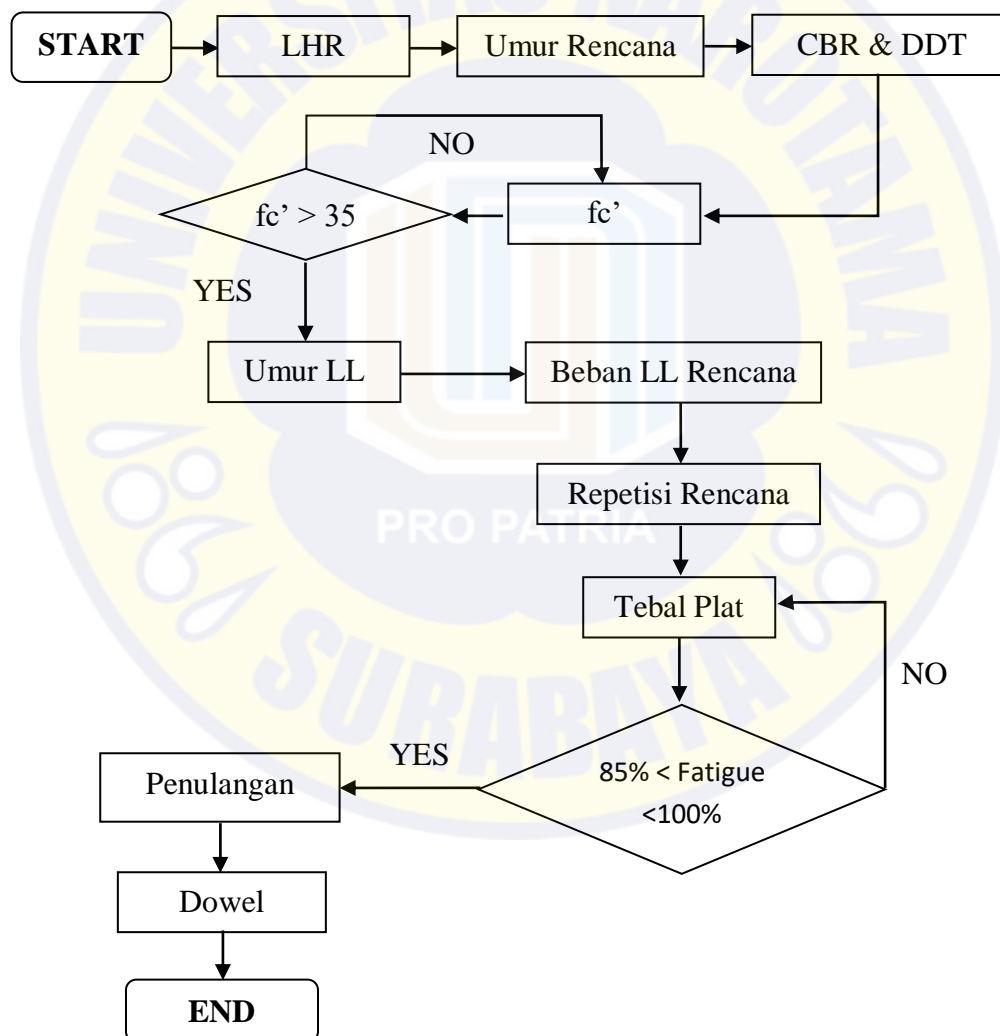
BAB III

METODOLOGI

3.1 Metode Penyelesaian Masalah

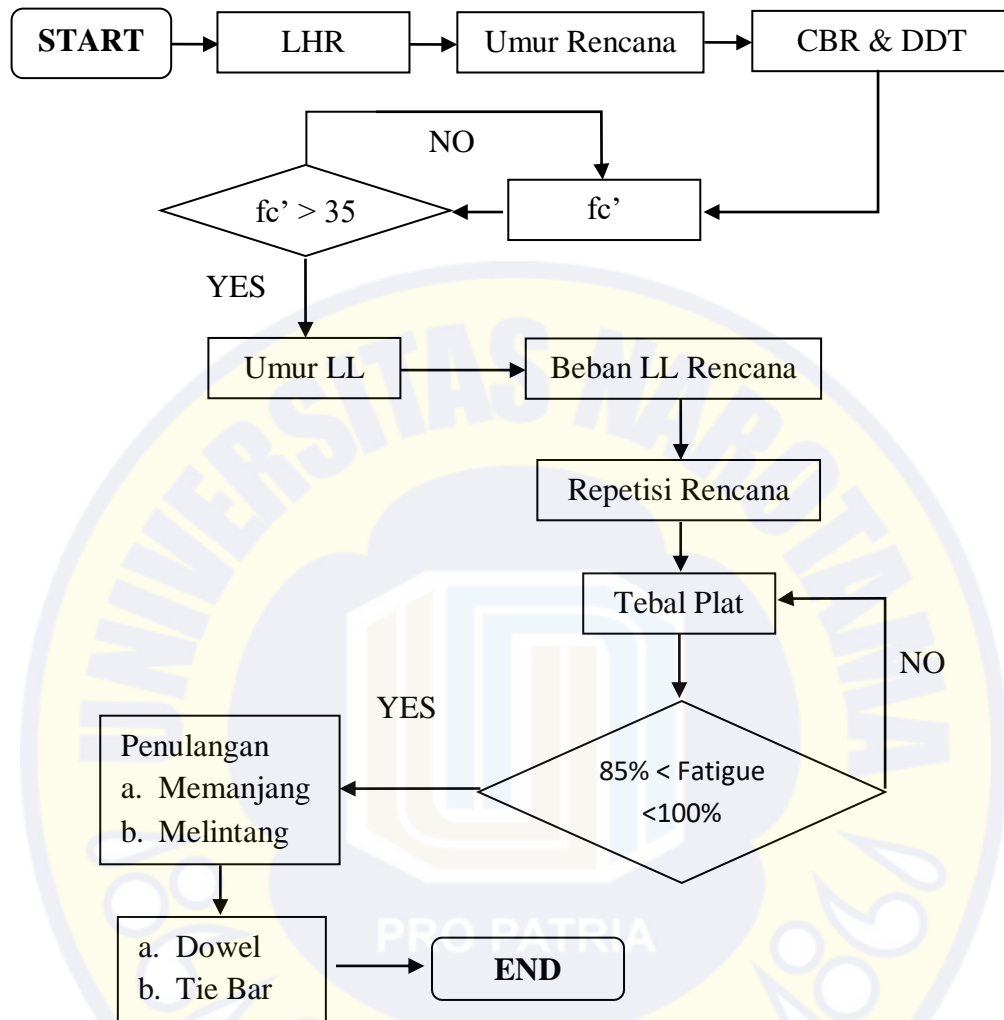
Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, metode penyelesaian masalah yang digunakan adalah sebagai berikut :

3.1.1 Bagan Alir Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013



Gambar 3.1 Diagram Alir Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

3.1.2 Bagan Alir Design Pavement, NAASRA



Gambar 3.2 Diagram Alir Design Pavement, NAASRA

3.2 Metode Pengumpulan Data

Penyusunan ini berdasarkan data yang diperoleh penyusun. Adapun data tersebut diperoleh dengan metode sebagai berikut :

3.2.1 Study Pustaka

Berupa buku – buku yang dipergunakan sebagai pembanding dan rujukan dalam analisis. Dari beberapa pustaka akan didapatkan hal-hal yang berguna sebagai pelengkap dari data yang telah diperoleh yang nantinya akan sangat membantu dalam penyusunan dan penulisan ini.

3.2.2 Data tertulis

Diperoleh dari Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Timur.

Pengumpulan data tertulis yang diperoleh meliputi :

- Data lalu lintas harian rata-rata

Tabel 3.1 Data Lalu Lintas

No.	URAIAN	JUMLAH KENDARAAN
1	Mobil Penumpang	0
2	Bus Besar	344
3	Truk 2 sumbu - berat	185
4	Truk 3 sumbu - ringan	210
5	Truk 3 sumbu - berat	73
6	Truk 4 sumbu	51
7	Truk gandeng	64
8	Truk 5 sumbu	56
9	Truk 6 sumbu	31
TOTAL		1014

- Umur rencana perkerasan jalan

UR = 30 tahun

- Nilai CBR tanah dasar

- Penentuan Nilai parameter perencanaan tebal perkerasan
 1. Menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas (R)
 2. Menentukan faktor Distribusi Lajur (DL)
- Menentukan tebal pondasi
- Menentukan tebal perkerasan dengan menggunakan metode

MDPJ Nomor 02/M/BM/2013

1. Menentukan kelompok sumbu kendaraan niaga yang lewat selama umur rencana
 2. Menghitung repetisi sumbu yang terjadi
 3. Menentukan tipe perkerasan
 4. Menghitung persentase fatigue
 5. Menentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat desain
 6. Menentukan jenis sambungan (dowel)
- Menentukan tebal perkerasan dengan menggunakan metode NAASRA
 1. Menghitung persentase sumbu setiap kendaraan selama umur rencana
 2. Menghitung repetisi beban
 3. Menentukan pelat beton
 4. Menghitung nilai fatigue
 5. Menentukan rencana penulangan

BAB IV

PEMBAHASAN DAN HASIL

1.1 Rencana perhitungan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

Diketahui :

Akan direncanakan tebal perkerasan untuk jalan baru dengan ketentuan :

Fungsi Jalan = Jalan Arteri

Tipe Jalan = 4 lajur, 2 arah terbagi (4/2D)

Umur Rencana = 30 Tahun

Tahun Perencanaan = 2017

Rencana Jenis Perkerasan = Kaku (rigid)

Mutu Beton Rencana = 400 Kg / cm²

$f_c' = 400/10 \cdot 0,83 = 33.2 \text{ Mpa} > 30 \text{ Mpa (OK)}$

$f_r = 0,62 \cdot \sqrt{33,2} = 3.58 \text{ MPa} > 3.5 \text{ Mpa (OK)}$

FK : 1.1

Tabel 4.1 Faktor Keamanan (FK)

PERANAN JALAN	FAKTOR KEAMANAN
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolektor / Lokal	1

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Tahap I (sampai 2021) = (2021 - Tahun Perencanaan)

$$= 2021 - 2017$$

$$= 4$$

Tahap II (2022 dst) = Umur Rencana - Tahap I

$$= 30 - 4$$

$$= 26$$

lihat Tabel 4.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk desain

Untuk Jalan = **ARTERI**

Tabel 4.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) minimum untuk desain

Faktor Keamanan	2018 – 2021	>2021 - 2047
Arteri dan Perkotaan (%)	7	5
Kolektor (%)	3.5	2.5
Jalan Desa (%)	1	1

Dari tabel 4.2 didapat

$$i_1 \text{ (tahap I sampai 2021)} = 7\%$$

$$i_2 \text{ (tahap II mulai 2022)} = 5\%$$

$$i \text{ design} = (\text{Tahap I} * i_1 + \text{Tahap II} * i_2) / \text{UR}$$

$$= (4 * 0.07 + 26 * 0.05) / 30$$

$$i \text{ design} = 0.052666667$$

$$= 5.3\%$$

Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas

$$(1+0.01*i)^n-1 = ((1+0.01 * 0.0526667)^{30})-1$$

$$= 0.015921255$$

$$0.01 * i = 0.01 * 0.0526667$$

$$= 0.000526667$$

$$R = 0.015923 / 0.000526667$$

$$= 30.23023017$$

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$= 365 * 2833 * 30.23023017$$

$$= 31259418.35 \quad \text{buah}$$

$$JSKN \text{ Rencana} = 31259418.35 * 0.4$$

$$= 12503767.34$$

Faktor Distribusi Lajur (DL)

Tabel 4.3 Jumlah Lajur Setiap Arah

Jumlah Lajur setiap Arah	Kendaraan niaga pada lajur desain
	(%) terhadap populasi kendaraan niaga
1	100
2	80
3	60
4	50
5	40
6	40

$$\text{Jumlah Lajur} = 3$$

$$DL = 60$$

Tabel 4.4 Jumlah Lajur Kendaraan

JUMLAH LAJUR	KENDARAAN NIAGA	
	1 ARAH	2 ARAH
1 Lajur	1.000	1.000
2 Lajur	0.700	0.500
3 Lajur	0.500	0.475
4 Lajur		0.450
5 Lajur		0.425
6 Lajur		0.400

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Ari Suryawan, 2003)

Tabel 4.5 Menghitung Nilai CESA5

Jenis Kendaraan	Jumlah	VDF4	ESA4	CESA4	CESA5
Mobil Penumpang	0	0	0	0	0
Bus Besar	344	0.6	206.4	1366454.772	2596264.067
Truk 2 sumbu - berat	185	2.6	481	3184422.216	6050402.21
Truk 3 sumbu - ringan	210	5.3	1113	7368527.913	14000203.03
Truk 3 sumbu - berat	73	5.4	394.2	2609769.724	4958562.476
Truk 4 sumbu	51	5.7	290.7	1924556.212	3656656.803
Truk gandeng	64	5.7	364.8	2415129.364	4588745.792
Truk 5 sumbu	56	4.2	235.2	1557122.88	2958533.471
Truk 6 sumbu	31	4.2	130.2	861978.737	1637759.6
				CESA =	40447127.45

Nilai *Traffic Multiplier*

TM = 1.9 (Sumber : MDPJ 02/M/BM/2013)

VDF4 = Dari tabel 4.3

ESA4 = Jumlah x VDF4

CESA4 = ESA4 x R x 365 x DL

CESA5 = CESA4 x TM

Mencari Nilai CBR

Tabel 4.6 Mencari Nilai CBR

CBR	nCBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persen (%) yang sama atau lebih besar	
[1]	[2]	[3]	[5]	
2	2	15	(15/15)*100	100.00
2.5	2	13	(13/15)*100	86.67
3	4	11	(11/15)*100	73.33
3.5	1	7	(7/15)*100	46.67
4	4	6	(6/15)*100	40.00
5	2	2	(2/15)*100	13.33
Σ	15	54	<i>untuk Grafik</i>	

CARA ANALITIS

$$\text{CBR}_{\text{rata-rata}} = 3.366666667$$

$$\text{CBR}_{\text{max}} = 5$$

$$\text{CBR}_{\text{min}} = 2$$

$$\text{CBR}_{\text{max}} - \text{CBR}_{\text{min}} = 5 - 2 = 3$$

$$n = 52 \rightarrow R = 3.18 \text{ dari tabel 2.1}$$

$$\text{NILAI CBR} = \text{CBR}_{\text{rata-rata}} - (\text{CBR}_{\text{max}} - \text{CBR}_{\text{min}}) / R$$

$$= 3.37 - (3/3.18)$$

$$\text{CBR} = 2.42 \%$$

Mencari Nilai Daya Dukung Tanah Dasar

$$\text{DDT} = 4,3 \times \log(\text{CBR}) + 1,7$$

$$= 4.3 * \text{Log}(2.43) + 1.7$$

$$= 3.353$$

Mencari Nilai k (*Modulus Subgrade*)

$$k = 21.05263 \cdot \ln(\text{CBR}) + 3.51553 \quad \text{CBR} = 2 \text{ to } 14$$

$$k = 235.6638608 - \sqrt{(38932.44801 - 561.1672278 \cdot \text{CBR})} \quad \text{CBR} = 14 \text{ to } 39$$

$$k = 115.075 \cdot \ln(\text{CBR}) - 319.0229 \quad \text{CBR} = 39 \text{ to } 76$$

$$k = 21.05263 \cdot \ln(2.42327044025157) + 3.51553$$

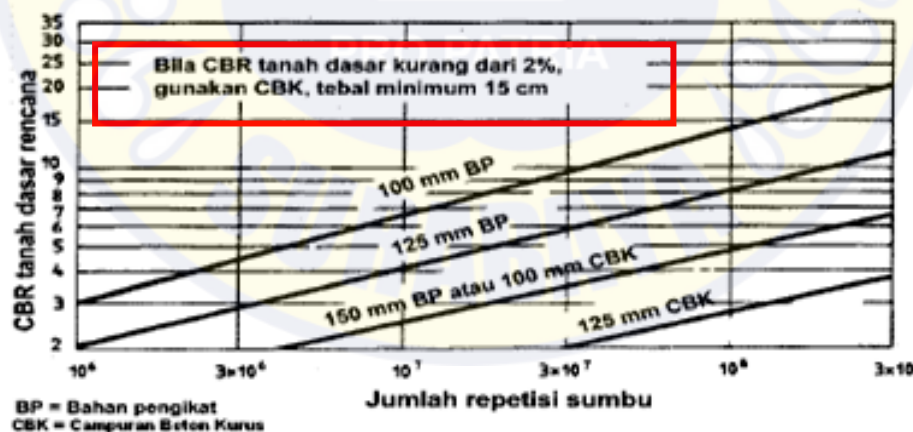
$$= 22.1495928 \text{ kPa/mm}$$

PONDASI BAWAH

Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean – Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%.

$$\text{CBR Tanah Dasar} = 2.42 \%$$

$$\text{Jumlah Repetisi Sumbu} = 31259418.35 = 3.1 \times 10^7$$



Gambar 4.1 Tebal pondasi bawah minimum

Sumber : Pd T-14-2003

Karena nilai $\text{CBR} < 2\%$, maka langsung gunakan CBK dengan tebal pelat 15 cm.

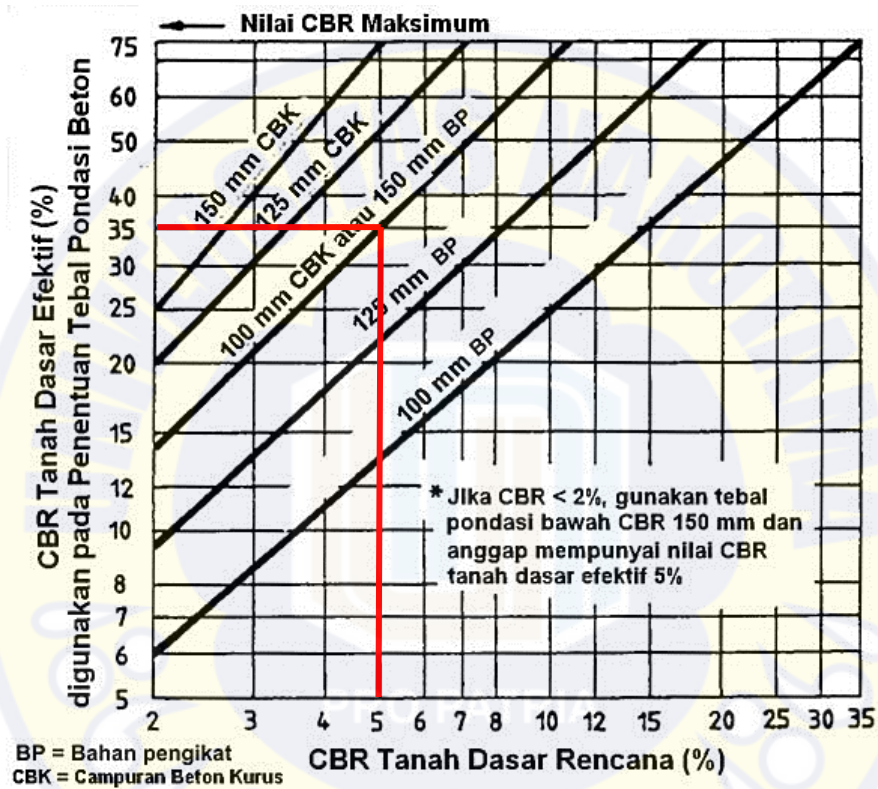
Jadi tebal pondasi bawah minimum 15 cm.

CBR Efektif = 5 %

Diketahui :

CBR Tanah Dasar = 2.42 %

Tebal pondasi bawah minimum = 15 cm



Gambar 4.2 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

Sumber : Pd T-14-2003

Tebal taksiran pelat = 280 mm = 28 cm

Diketahui :

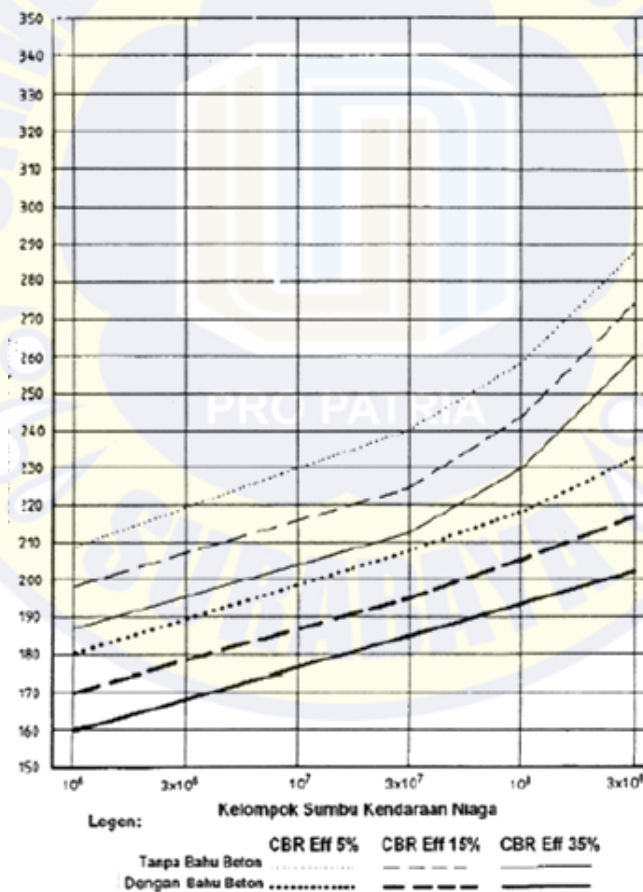
$$\begin{aligned}f_{cf} &= K * f_c'^{0,50} \\&= 0,75 * 33,2^{0,50} = 4,32\end{aligned}$$

Jalan = Arteri (lalu – lintas luar kota)

Bahu Beton = Tidak

Ruji = Ya

Jumlah Repetisi Sumbu = 31259418.35 = 3.1×10^7



Gambar 4.3 Grafik Perencanaan Lalu – Lintas Luar Kota, Dengan Ruji

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 4.7 Perhitungan Beban Sumbu Berdasarkan Jenis dan Beratnya

NO.	JENIS KENDARAAN	BERAT KEND. (TON)	KONFIGURASI BEBAN SUMBU (TON)				Jmlh Kend. (bh)	Jmlh Sumbu per Kend.	Jmlh Sumbu	STRT		STRG		STdRG		STrRG	
			RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
	(1)	(2)	(3)				(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	Mobil Penumpang	1.5	0.7	0.8			0	2	0	0.7	0						
										0.8	0						
2	Bus Besar	7.71	2.66	5.05			344	2	688	2.66	344	5.05	344				
3	Truk 2 sumbu - berat	14.83	4.47	10.36			185	2	370	4.47	185	10.36	185				
4	Truk 3 sumbu - ringan	14.6	3.00	11.60			210	3	630	3.00	210			11.60	210		
5	Truk 3 sumbu - berat	29.36	7.01	22.35			73	3	219	7.01	73					22.35	73
6	Truk 4 sumbu	35.3	4.05	11.25	20.00		51	4	204	4.05	51	11.25	51				
												20.00	51				
7	Truk gandeng	32.54	4.91	11.26	8.47	7.90	64	4	256	4.91	64	11.26	64				
												8.47	64				
												7.90	64				
8	Truk 5 sumbu	40.2	5.88	20.07	14.25		56	5	280	5.88	56			20.07	56		
														14.25	56		
9	Truk 6 sumbu	44.99	5.29	16.36	23.34		31	6	186	5.29	31			16.36	31	23.34	31
TOTAL									2833		1014		823		353		104

Tabel 4.8 Koefisien Distribusi

Cd = Koefisien Distribusi	
Jumlah lajur	6 Lajur
Cd "1 Arah"	0
Cd "2 Arah"	0.4

Tabel 4.9 Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi

NO.	JENIS SUMBU	BEBAN SUMBU (ton)	JUMLAH SUMBU	PROPORSI BEBAN	PROPORSI SUMBU	LALU LINTAS RENCANA	REPETISI YANG TERJADI
1	STRT	0.7	0	0.00	0.36	1.25E+07	0.00
		0.8	0	0.00	0.36	1.25E+07	0.00
		2.66	344	0.34	0.36	1.25E+07	1518283.08
		4.47	185	0.18	0.36	1.25E+07	816518.52
		3.00	210	0.21	0.36	1.25E+07	926858.86
		7.01	73	0.07	0.36	1.25E+07	322193.79
		4.05	51	0.05	0.36	1.25E+07	225094.29
		4.91	64	0.06	0.36	1.25E+07	282471.27
		5.88	56	0.06	0.36	1.25E+07	247162.36
		5.29	31	0.03	0.36	1.25E+07	136822.02
	TOTAL		1014	1.00			

2	STRG	5.05	344	0.42	0.29	1.25E+07	1518283.08
		10.36	185	0.22	0.29	1.25E+07	816518.52
		11.25	51	0.06	0.29	1.25E+07	225094.29
		20.00	51	0.06	0.29	1.25E+07	225094.29
		11.26	64	0.08	0.29	1.25E+07	282471.27
		8.47	64	0.08	0.29	1.25E+07	282471.27
		7.90	64	0.08	0.29	1.25E+07	282471.27
	TOTAL		823	1.00			
3	STdRG	11.60	210	0.59	0.12	1.25E+07	926858.86
		20.07	56	0.16	0.12	1.25E+07	247162.36
		14.25	56	0.16	0.12	1.25E+07	247162.36
		16.36	31	0.09	0.12	1.25E+07	136822.02
	TOTAL		353	1.00			
4	STrRG	22.35	73	0.70	0.04	1.25E+07	322193.79
		23.34	31	0.30	0.04	1.25E+07	136822.02
	TOTAL		104	1.00			10124829.61

ANALISA FATIGUE

$$JSKN = 12503767.3$$

$$FK = 1.1$$

$$f_c' = 33.2 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal rencana} = 280 \text{ mm}$$

$$f_{cf} = K * f_c'^{0.50}$$

$$= 0.75 * 33.2^{0.50} = 4.32$$

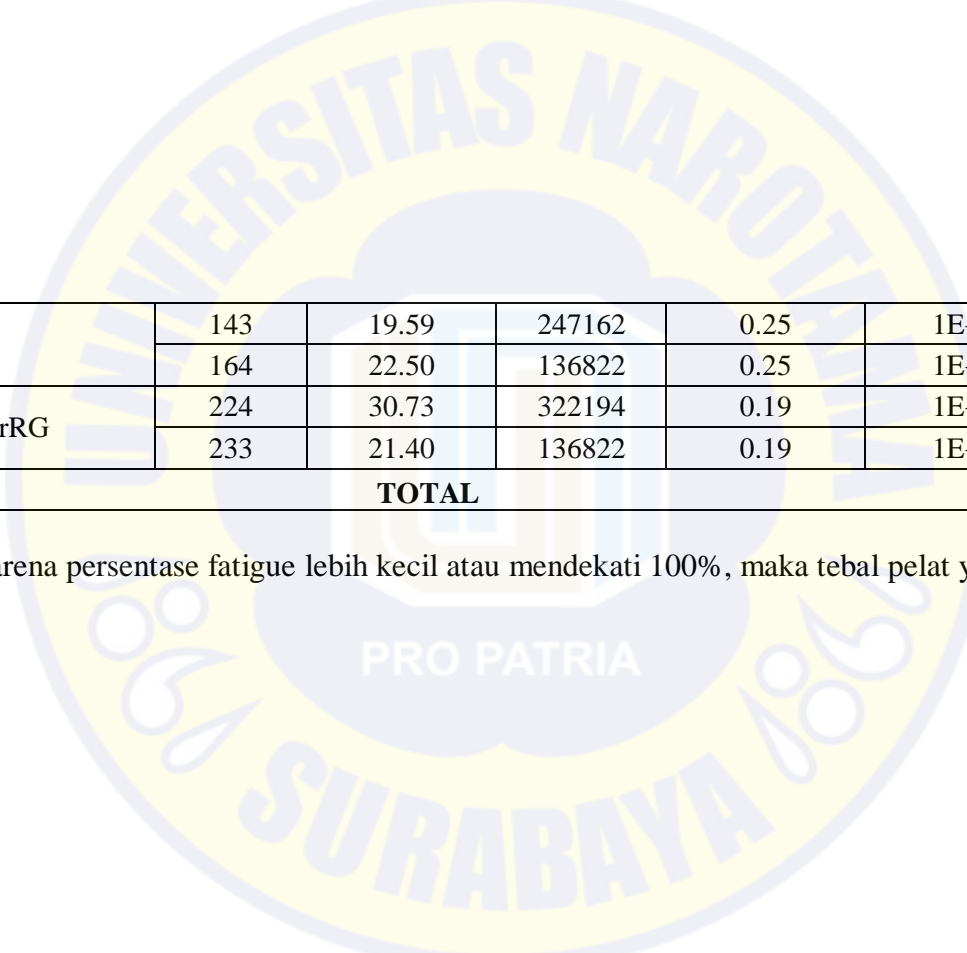
$$CBR = 2.42$$

Tabel 4.10 Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi

TEGANGAN EKIVALEN		FAKTOR EROSI	
STRT	0.65	STRT	1.8
STRG	1.13	STRG	2.4
STdRG	1.08	STdRG	2.62
STrRG	0.83	STrRG	2.8

Tabel 4.11 Menghitung Persentase Fatigue

NO.	JENIS SUMBU	BEBAN SUMBU ton (kN)	BEBAN RENCANA PER RODA (kN)	REPETISI YANG TERJADI	FAKTOR TEGANGAN FATIGUE	ANALISA FATIGUE		FAKTOR TEGANGAN EROSI	ANALISA EROSI	
						REPETISI IJIN	PERSEN RUSAK		REPETISI IJIN	PERSEN RUSAK
1	STRT	7	3.85	0	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		8	4.40	0	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		27	14.63	1518283	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		45	24.59	816519	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		30	16.50	926859	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		70	38.56	322194	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		41	22.28	225094	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		49	27.01	282471	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		59	32.34	247162	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
		53	29.10	136822	0.15	1E+17	0.00	0.42	1E+17	0.00
2	STRG	51	13.89	1518283	0.26	1E+17	0.00	0.56	1E+17	0.00
		104	28.49	816519	0.26	1E+17	0.00	0.56	1E+17	0.00
		113	30.94	225094	0.26	1E+17	0.00	0.56	60000000	0.00
		200	55.00	225094	0.26	4000	56.27	0.56	7000000	0.03
		113	30.97	282471	0.26	1E+17	0.00	0.56	60000000	0.00
		85	23.29	282471	0.26	1E+17	0.00	0.56	1E+17	0.00
		79	21.73	282471	0.26	1E+17	0.00	0.56	1E+17	0.00
3	STdRG	116	15.95	926859	0.25	1E+17	0.00	0.61	1E+17	0.00
		201	27.60	247162	0.25	1E+17	0.00	0.61	20000000	0.01



		143	19.59	247162	0.25	1E+17	0.00	0.61	1E+17	0.00
		164	22.50	136822	0.25	1E+17	0.00	0.61	1E+17	0.00
4	STrRG	224	30.73	322194	0.19	1E+17	0.00	0.65	2000000	0.16
		233	21.40	136822	0.19	1E+17	0.00	0.65	22000000	0.01
TOTAL							56.27			0.22

Karena persentase fatigue lebih kecil atau mendekati 100%, maka tebal pelat yang digunakan adalah 280 mm.

PENULANGAN PADA PERKERASAN BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN

Luas tulangan pada perkerasan ini dihitung dari persamaan sebagai berikut :

Direncanakan :

Tebal pelat beton = 280 mm

Lebar pelat = 15 m (untuk 3 lajur)

Panjang pelat = 30 m (jarak antar sambungan)

f_s = 230 Mpa (tegangan tarik baja ijin (Mpa) (± 230 Mpa))

Sumber : Pd T-14 2003

F = 1.2 sirtu

A_s = 0.1 %

Sumber : Pd T-14-2003

1) Tulangan Memanjang

$$\begin{aligned} A_s &= 11,76 (F.L.h) / f_s \\ &= (11,76 * (1.2 * 30 * 280)) / 230 = 515.385 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} \end{aligned}$$

Luas tulangan minimum

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0.1 / 100 * 280 * 1000 \\ &= 280 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 12 - 300 mm $A_s = 377 \text{ mm}^2 / \text{mlebar}$

2) Tulangan Melintang

$$\begin{aligned} A_s &= (11,76 * (1.2 * 15 * 280)) / 230 \\ &= 258 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 8 - 200 mm $A_s = 251 \text{ mm}^2 / \text{mlebar}$

PENULANGAN PADA PERKERASAN MENERUS DENGAN TULANGAN

a) Persentase Tulangan Memanjang

Diketahui :

$$\text{Tebal pelat beton} = 280 \quad \text{m}$$

$$\text{Lebar pelat} = 15 \quad \text{m}$$

$$\text{Panjang pelat} = 30 \quad \text{m}$$

$$f_c' = 33.2 \quad \text{Mpa}$$

$$f_r = 3.7 \quad \text{Mpa}$$

$$E_s = 200000 \quad \text{Mpa}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 * \sqrt{(33.2)} \\ &= 27081.14 \quad \text{Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= E_s / E_c \\ &= 200000 / 27081.14 = 7.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_t &= 0.4 * f_r \\ &= 0.4 * 3.7 = 1.85 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_y &= f_y < 400 \quad \text{Mpa} \\ &= 382 \text{ Mpa} \quad \text{Berdasarkan Pd T-14 2003} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_s &= 100 f_t / (f_y - n * f_t) * (1.3 - 0.2 F) \\ &= 100 * 1.85 / (382 - 7.39 * 1.85) * (1.3 - 0.2 * 1.2) \\ &= 0.532406 \% \end{aligned}$$

Luas tulangan minimum

$$A_s = 0.001 \quad A_s \text{ min} = 280$$

Pemeriksaan Jarak Teoritis Antara Retakan

Dicoba dengan tulangan D19-200 mm

$$\varnothing = 19 \text{ mm} \quad 200 \text{ mm}$$

$$A_s = 1418 \text{ mm}^2 \quad \text{lihat Tabel 2.14}$$

$$p = 1418 / (240 * 1000)$$

$$= 0.01$$

$$u = 4 / (19 / 1000)$$

$$= 210.53 \text{ m}^{-1}$$

$$f_b = (0.79 / (19 / 10)) * \sqrt{34}$$

$$= 2.448999796 \text{ Mpa}$$

$$L_{cr} = (1.85^2) / (7.39 * (0.01^2) * 210.53 * 2.45 * ((0.0005 * 27081.14) - 1.85))$$

$$= 0.768352648 \text{ m}$$

$$= 0.77 \text{ m}$$

$$= 0.77 \text{ m} < 2 \text{ m}$$

b) Tulangan Melintang

Tulangan melintang yang digunakan dari persamaan

$$A_s = (11.76 * (1.2 * 15 * 280)) / 230$$

$$= 257 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Digunakan tulangan $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$

$$A_s = 251 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dowel

Dari perhitungan tebal pelat berdasarkan MDPJ 02/M/BM/2013 yaitu 280 mm ,
maka diambil tebal pelat perkerasan sebesar 280 mm dengan ukuran dowel :

Diameter = 32 mm Jarak = 300 mm

Panjang = 450 mm *Lihat pada tabel 2.8*

Tie Bar

Pemasangan sambungan memanjang diajukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 – 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU 24 dan berdiameter 16 mm

$$\begin{aligned}A_t &= 240 * b * h \\&= 240 * 3 * 0.24 \\&= 172.8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I &= (38.3 * \phi) + 75 \\&= (38.3 * 12) + 75 \\&= 534.6 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.2 Rencana perhitungan berdasarkan *Design Pavement* NAASRA

Perencanaan Jalan	= JALAN ARTERI
Tipe Jalan	= 6 LAJUR 2 ARAH
Umur Rencana	= 30 TAHUN
Tahun Perencanaan	= 2017
Kelandaian Rata-rata	= 6%
Kondisi Iklim	= 750 mm (curah hujan rata-rata pertahun)
Rencana Jenis Perkerasan	= KAKU (RIGID PAVEMENT)
Mutu Beton Rencana	= 400 Kg / cm ²
f_c'	$= 400/10 \cdot 0,83 = 33.2 \text{ Mpa} > 30 \text{ Mpa (OK)}$
f_r	$= 0,62 \cdot \sqrt{(33,2)} = 3.58 \text{ MPa} > 3.5 \text{ Mpa (OK)}$
FK	: 1.1

Tabel 4.12 Faktor Keamanan (FK)

PERANAN JALAN	FAKTOR KEAMANAN
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolektor / Lokal	1

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Tahap I (sampai 2021) = (2021 - Tahun Perencanaan)

= 2021 - 2017

= 4

$$\begin{aligned}
 \text{Tahap II (2022 dst)} &= \text{Umur Rencana} - \text{Tahap I} \\
 &= 30 - 4 \\
 &= 26
 \end{aligned}$$

lihat Tabel 4.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk desain

Untuk Jalan = **ARTERI**

Tabel 4.12 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) minimum untuk desain

Faktor Keamanan	2018 – 2021	>2021 - 2047
Arteri dan Perkotaan (%)	7	5
Kolektor (%)	3.5	2.5
Jalan Desa (%)	1	1

Dari tabel 4.14 didapat

$$i_1 (\text{tahap I sampai 2021}) = 7\%$$

$$i_2 (\text{tahap II mulai 2022}) = 5\%$$

$$\begin{aligned}
 i_{\text{design}} &= (\text{Tahap I} * i_1 + \text{Tahap II} * i_2) / \text{UR} \\
 &= (4 * 0.07 + 26 * 0.05) / 30
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i_{\text{design}} &= 0.052666667 \\
 &= 5.3\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (1+i) &= 1+0.0526667 & \text{elog } (1+i) &= \text{eLOG}(1.06) \\
 &= 1.0526667 & &= 0.051326627 \\
 (1+i)^n &= 1.0526667^{30} & R &= (4.67-1)/0.06 \\
 &= 4.66365192 & &= 71.37916754
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Beban Kendaraan (Ton)

NO.	JENIS KENDARAAN	BERAT KENDARAAN (TON)	DEPAN	BELAKANG				
				ke1	ke2	ke3		
1	Mobil Penumpang	1.5	0.70	0.80				
			STRT	STRT				
2	Bus Besar	7.71	2.66	5.05				
			STRT	STRG				
3	Truk 2 sumbu - berat	14.83	4.47	10.36				
			STRT	STRG				
4	Truk 3 sumbu - ringan	14.6	3.00	4.10	7.50			
			STRT	STRG	STRG			
5	Truk 3 sumbu - berat	29.36	7.01	22.35				
			STRT	SGRG				
6	Truk 4 sumbu	35.3	4.05	11.25			20.00	
			STRT	STRG			SGRG	
7	Truk gandeng	32.54	4.91	11.26			8.47	7.90
			STRT	STRG			STRG	STRG
8	Truk 5 sumbu	40.2	5.88	20.07	14.25			
			STRT	SGRG	SGRG			
9	Truk 6 sumbu	44.99	5.29	16.36	7.71	15.63		
			STRT	SGRG	STRG	SGRG		

Tabel 4.15 Jumlah Kendaraan Niaga

No	URAIAN	Konfigurasi Sumbu	BEBAN SUMBU (TON)				SUMBU	JUMLAH KEND.	JUMLAH SUMBU
			DEPAN	BELAKANG					
				2	3	4			
1	Mobil Penumpang	1.1	0.70	0.80			2	0	0
2	Bus Besar	1.2	2.66	5.05			2	344	688
3	Truk 2 sumbu - berat	1.2	4.47	10.36			2	185	370
4	Truk 3 sumbu - ringan	1.2+2	3.00	4.10	7.50		3	210	630
5	Truk 3 sumbu - berat	1.2.2	7.01	22.35			2	73	146
6	Truk 4 sumbu	1.2.2.2	4.05	11.25	20.00		3	51	153
7	Truk gandeng	1.2+2.2	4.91	11.26	8.47	7.90	4	64	256
8	Truk 5 sumbu	1.2.2+2.2	5.88	20.07	14.25		3	56	168
9	Truk 6 sumbu	1.2.2-2.2.2	5.29	16.36	7.71	15.63	4	31	124
TOTAL								1014	2535

Sumber : PUSTRANS JALAN, pada Januari 2002, pada ruas jalan Pantura (Paket BP-07)

$$\begin{aligned}
 \text{JSKN} &= 365 * \text{JSKNH} * R \\
 &= 365 * 2535 * 71.37916754 \\
 &= 66045359,24 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Koefisien Distribusi

Cd = Koefisien Distribusi	
Jumlah lajur	6 Lajur
Cd "1 Arah"	0
Cd "2 Arah"	0.4

Tabel 4.17 Jumlah Lajur Kendaraan

JUMLAH LAJUR	KENDARAAN NIAGA	
	1 ARAH	2 ARAH
1 Lajur	1.000	1.000
2 Lajur	0.700	0.500
3 Lajur	0.500	0.475
4 Lajur		0.450
5 Lajur		0.425
6 Lajur		0.400

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003, Ari Suryawan

Tabel 4.18 Konfigurasi Sumbu

NO.	KONFIGURASI SUMBU	BEBAN SUMBU (TON)	Presentase Konfigurasi Sumbu (%) (Jumlah Kendaraan / Jumlah Sumbu)	Jumlah Repitisi Selama Usia Rencana (JSKN x %Kombinasi JSKNH x Cd)
1	STRT	0.70	0.000%	0
2	STRT	2.66	13.570%	3584947
3	STRT	4.47	7.298%	1927951
4	STRT	3.00	8.284%	2188485
5	STRT	7.01	2.880%	760759
6	STRT	4.05	2.012%	531489
7	STRT	4.91	2.525%	666967
8	STRT	5.88	2.209%	583596
9	STRT	5.29	1.223%	323062
10	STRT	0.80	0.000%	0
11	STRG	5.05	13.570%	3584947
12	STRG	10.36	7.298%	1927951
13	STRG	4.10	8.284%	2188485
14	SGRG	22.35	2.880%	760759
15	STRG	11.25	2.012%	531489
16	STRG	11.26	2.525%	666967
17	SGRG	20.07	2.209%	583596
18	SGRG	16.36	1.223%	323062
19	STRG	7.50	8.284%	2188485
20	SGRG	20.00	2.012%	531489
21	STRG	8.47	2.525%	666967
22	SGRG	14.25	2.209%	583596
23	STRG	7.71	1.223%	323062
24	STRG	7.90	2.525%	666967
25	SGRG	15.63	1.223%	323062
JUMLAH			100%	

Mencari Nilai CBR

Tabel 4.19 Mencari Nilai CBR

CBR	nCBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persen (%) yang sama atau lebih besar	
[1]	[2]	[3]	[5]	
2	2	15	(15/15)*100	100.00
2.5	2	13	(13/15)*100	86.67
3	4	11	(11/15)*100	73.33
3.5	1	7	(7/15)*100	46.67
4	4	6	(6/15)*100	40.00
5	2	2	(2/15)*100	13.33
Σ	15	54	<i>untuk Grafik</i>	

CARA ANALITIS

$$\text{CBR}_{\text{rata-rata}} = 3.366666667$$

$$\text{CBR}_{\text{max}} = 5$$

$$\text{CBR}_{\text{min}} = 2$$

$$\text{CBR}_{\text{max}} - \text{CBR}_{\text{min}} = 5 - 2 = 3$$

$$n = 52 \rightarrow R = 3.18 \text{ dari tabel 2.1}$$

$$\text{NILAI CBR} = \text{CBR}_{\text{rata-rata}} - (\text{CBR}_{\text{max}} - \text{CBR}_{\text{min}}) / R$$

$$= 3.37 - (3/3.18)$$

$$\text{CBR} = 2.42 \%$$

Mencari Nilai Daya Dukung Tanah Dasar

$$\text{DDT} = 4,3 \times \log(\text{CBR}) + 1,7$$

$$= 4.3 * \text{Log}(2.43) + 1.7$$

$$= 3.353$$

Mencari Nilai k (*Modulus Subgrade*)

$$k = 21.05263 \cdot \ln(\text{CBR}) + 3.51553$$

CBR = 2 to 14

$$k = 235.6638608 - \sqrt{(38932.44801 - 561.1672278 \cdot \text{CBR})}$$

CBR = 14 to 39

$$k = 115.075 \cdot \ln(\text{CBR}) - 319.0229$$

CBR = 39 to 76

$$k = 21.05263 \cdot \ln(2.42327044025157) + 3.51553$$

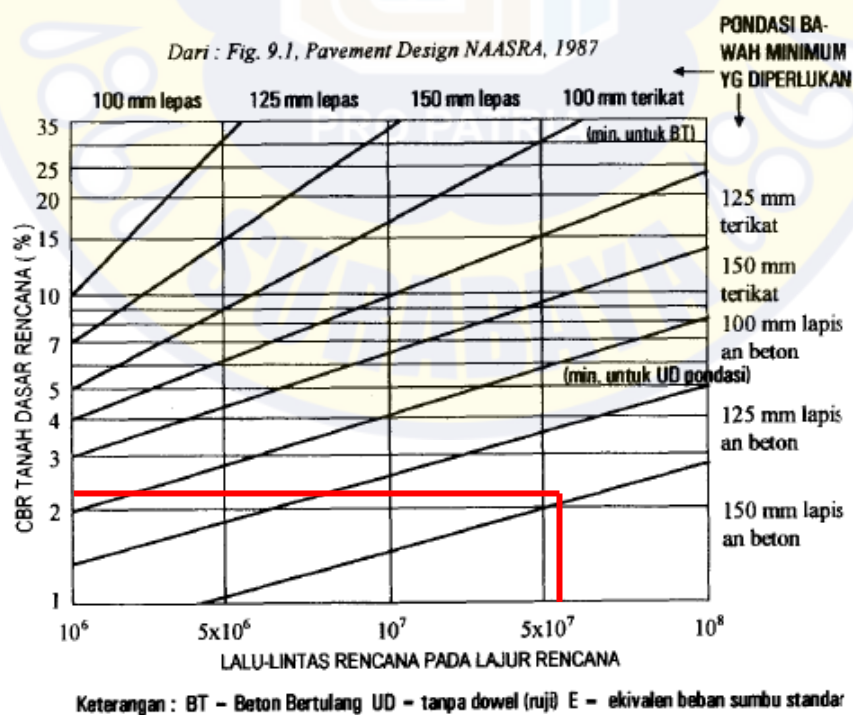
$$= 22.1495928 \text{ kPa/mm}$$

LAPISAN PONDASI BAWAH

Diketahui :

$$\text{Lalu lintas rencana} = 66045359.24 = 6.61 \times 10^7$$

$$\text{CBR Tanah Dasar} = 2.42 \%$$



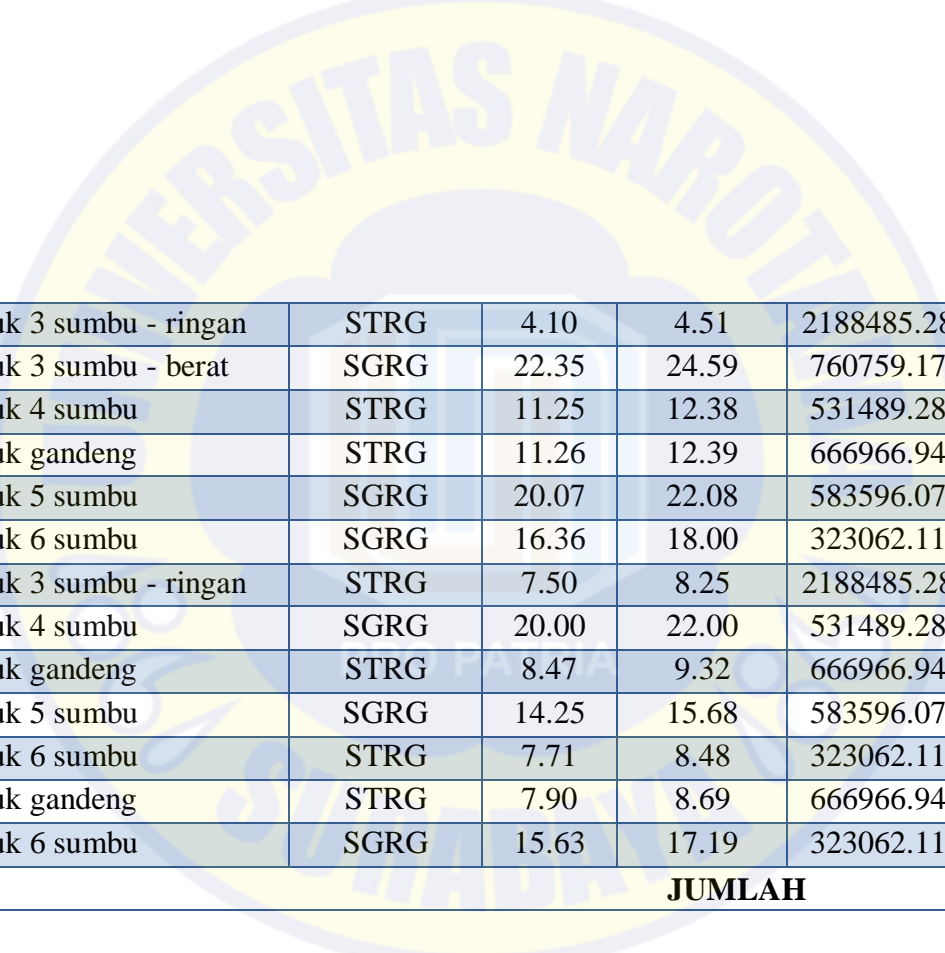
Gambar 4.4 Pondasi Bawah minimum yang diperlukan untuk perkerasan kaku

Kekuatan Pelat Beton

Dicoba dengan asumsi tebal pelat beton 220 mm > 150 mm (*minimum yang disyaratkan*) dengan bantuan grafik pada lembar lampiran , diperiksa apakah estimasi tebal pelat cukup atau tidak, dari jumlah presentase fatigue yang terjadi (disyaratkan $\leq 100\%$)

Tabel 4.20 Menghitung Persentase Fatigue (dicoba)

NO	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana (FK = 1,1)	Repetisi Beban	Tegangan yang Terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban Yang Diijinkan	Persentase Fatigue (%)
			2	3					
1	Mobil Penumpang	STRT	0.70	0.77	0.00	0.00	0.00	1E+20	0.00
2	Bus Besar	STRT	2.66	2.93	3584947.31	0.00	0.00	1E+20	0.00
3	Truk 2 sumbu - berat	STRT	4.47	4.92	1927951.32	1.20	0.34	1E+20	0.00
4	Truk 3 sumbu - ringan	STRT	3.00	3.30	2188485.28	0.00	0.00	1E+20	0.00
5	Truk 3 sumbu - berat	STRT	7.01	7.71	760759.17	1.77	0.50	1E+20	0.00
6	Truk 4 sumbu	STRT	4.05	4.46	531489.28	1.11	0.32	1E+20	0.00
7	Truk gandeng	STRT	4.91	5.40	666966.94	1.30	0.37	1E+20	0.00
8	Truk 5 sumbu	STRT	5.88	6.47	583596.07	1.50	0.43	1E+20	0.00
9	Truk 6 sumbu	STRT	5.29	5.82	323062.11	1.38	0.39	1E+20	0.00
10	Mobil Penumpang	STRT	0.80	0.88	0.00	0.00	0.00	1E+20	0.00
11	Bus Besar	STRG	5.05	5.56	3584947.31	0.00	0.00	1E+20	0.00
12	Truk 2 sumbu - berat	STRG	10.36	11.40	1927951.32	2.01	0.42	1E+20	0.00



13	Truk 3 sumbu - ringan	STRG	4.10	4.51	2188485.28	0.00	0.00	1E+20	0.00
14	Truk 3 sumbu - berat	SGRG	22.35	24.59	760759.17	2.48	0.70	2500	304.30
15	Truk 4 sumbu	STRG	11.25	12.38	531489.28	2.19	0.62	18000	29.53
16	Truk gandeng	STRG	11.26	12.39	666966.94	2.19	0.62	18000	37.05
17	Truk 5 sumbu	SGRG	20.07	22.08	583596.07	2.24	0.63	14000	41.69
18	Truk 6 sumbu	SGRG	16.36	18.00	323062.11	1.79	0.51	400000	0.81
19	Truk 3 sumbu - ringan	STRG	7.50	8.25	2188485.28	1.51	0.43	1E+20	0.00
20	Truk 4 sumbu	SGRG	20.00	22.00	531489.28	2.23	0.63	14000	37.96
21	Truk gandeng	STRG	8.47	9.32	666966.94	0.00	0	1E+20	0.00
22	Truk 5 sumbu	SGRG	14.25	15.68	583596.07	1.60	0.45	1E+20	0.00
23	Truk 6 sumbu	STRG	7.71	8.48	323062.11	1.55	0.44	1E+20	0.00
24	Truk gandeng	STRG	7.90	8.69	666966.94	1.59	0.45	1E+20	0.00
25	Truk 6 sumbu	SGRG	15.63	17.19	323062.11	1.71	0.48	1E+20	0.00
JUMLAH									451.34

Jadi, dengan tebal pelat 220 mm ternyata persentase fatigue $451.34 > 100\%$

Maka, perhitungan harus diulang dengan tebal pelat 240 mm (dicoba)

Tabel 4.21 Menghitung Persentase Fatigue (dicoba)

NO	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana (FK = 1,1)	Repetisi Beban	Tegangan yang Terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban Yang Diijinkan	Persentase Fatigue (%)
			2	3	4	5	6	7	8
1	Mobil Penumpang	STRT	0.70	0.77	0.00	0.00	0.00	1E+20	0.00
2	Bus Besar	STRT	2.66	2.93	3584947.31	0.00	0.00	1E+20	0.00
3	Truk 2 sumbu - berat	STRT	4.47	4.92	1927951.32	1.02	0.29	1E+20	0.00
4	Truk 3 sumbu - ringan	STRT	3.00	3.30	2188485.28	0.00	0.00	1E+20	0.00
5	Truk 3 sumbu - berat	STRT	7.01	7.71	760759.17	1.49	0.42	1E+20	0.00
6	Truk 4 sumbu	STRT	4.05	4.46	531489.28	0.94	0.27	1E+20	0.00
7	Truk gandeng	STRT	4.91	5.40	666966.94	1.10	0.31	1E+20	0.00
8	Truk 5 sumbu	STRT	5.88	6.47	583596.07	1.27	0.36	1E+20	0.00
9	Truk 6 sumbu	STRT	5.29	5.82	323062.11	1.17	0.33	1E+20	0.00
10	Mobil Penumpang	STRT	0.80	0.88	0.00	0.00	0.00	1E+20	0.00
11	Bus Besar	STRG	5.05	5.56	3584947.31	0.00	0.00	1E+20	0.00
12	Truk 2 sumbu - berat	STRG	10.36	11.40	1927951.32	1.82	0.42	1E+20	0.00
13	Truk 3 sumbu - ringan	STRG	4.10	4.51	2188485.28	0.00	0.00	1E+20	0.00
14	Truk 3 sumbu - berat	SGRG	22.35	24.59	760759.17	2.24	0.63	14000	54.34
15	Truk 4 sumbu	STRG	11.25	12.38	531489.28	1.98	0.56	100000	5.31
16	Truk gandeng	STRG	11.26	12.39	666966.94	1.98	0.56	100000	6.67
17	Truk 5 sumbu	SGRG	20.07	22.08	583596.07	2.03	0.57	75000	7.78

18	Truk 6 sumbu	SGRG	16.36	18.00	323062.11	1.64	0.46	1E+20	0.00
19	Truk 3 sumbu - ringan	STRG	7.50	8.25	2188485.28	1.27	0.36	1E+20	0.00
20	Truk 4 sumbu	SGRG	20.00	22.00	531489.28	2.02	0.57	75000	7.09
21	Truk gandeng	STRG	8.47	9.32	666966.94	0.00	0	1E+20	0.00
22	Truk 5 sumbu	SGRG	14.25	15.68	583596.07	1.47	0.42	1E+20	0.00
23	Truk 6 sumbu	STRG	7.71	8.48	323062.11	1.32	0.38	1E+20	0.00
24	Truk gandeng	STRG	7.90	8.69	666966.94	1.36	0.39	1E+20	0.00
25	Truk 6 sumbu	SGRG	15.63	17.19	323062.11	1.57	0.45	1E+20	0.00
JUMLAH									81.19

Jadi, dengan tebal pelat 240 mm ternyata persentase fatigue $81.19 < 100\%$

Maka, tebal pelat minimum yang harus digunakan adalah 240 mm

PENULANGAN PADA PERKERASAN BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN

Luas tulangan pada perkerasan ini dihitung dari persamaan sebagai berikut :

Direncanakan :

Tebal pelat beton = 240 mm

Lebar pelat = 15 m (untuk 3 lajur)

Panjang pelat = 30 m (jarak antar sambungan)

f_s = 230 Mpa (tegangan tarik baja ijin (Mpa) (± 230 Mpa))

F = 1.2 sirtu

A_s = 0.1 % P dT-14-2003

1) Tulangan Memanjang

$$\begin{aligned} A_s &= 11,76 (F.L.h) / f_s \\ &= (11,76 * (1.2 * 30 * 240)) / 230 \\ &= 441.767 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} \end{aligned}$$

Luas tulangan minimum

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0.1 / 100 * 240 * 1000 && \text{Digunakan tulangan } \varnothing 12 - 300 \text{ mm} \\ &= 240 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} && A_s = 377 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} \end{aligned}$$

2) Tulangan Melintang

$$\begin{aligned} A_s &= (11,76 * (1.2 * 15 * 240)) / 230 \\ &= 221 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\varnothing 8 - 225$ mm

$$A_s = 223 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

PENULANGAN PADA PERKERASAN MENERUS DENGAN TULANGAN

a) Presentase Tulangan Memanjang

Diketahui :

$$\text{Tebal pelat beton} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pelat} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pelat} = 30 \text{ m}$$

$$f_c' = 33.2 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 3.7 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 * \sqrt{(33.2)}$$

$$= 27081.14 \text{ Mpa}$$

$$n = E_s / E_c$$

$$= 200000 / 27081.14 = 7.39$$

$$f_t = 0.4 * f_r$$

$$= 0.4 * 3.7 = 1.85$$

$$f_y = f_y < 400 \text{ Mpa}$$

$$= 382 \text{ Mpa} \quad \text{Berdasarkan Pd T-14 2003}$$

$$P_s = 100 f_t / (f_y - n * f_t) * (1.3 - 0.2 F)$$

$$= 100 * 1.85 / (382 - 7.39 * 1.85) * (1.3 - 0.2 * 1.2)$$

$$= 0.601 \%$$

Luas tulangan minimum

$$A_s = 0.001$$

$$A_{s \text{ min}} = 240$$

Pemeriksaan Jarak Teoritis Antara Retakan

Dicoba dengan tulangan D19-200mm

$$\emptyset = 19 \text{ mm} \quad 200 \text{ mm}$$

$$A_s = 1418 \text{ mm}^2 \quad \text{lihat Tabel 2.14}$$

$$p = 1418 / (240 * 1000)$$

$$= 0.01$$

$$u = 4 / (19 / 1000)$$

$$= 210.53 \text{ m}^{-1}$$

$$f_b = (0.79 / (19 / 10)) * \sqrt{34}$$

$$= 2.448999796 \text{ Mpa}$$

$$L_{cr} = (1.85^2) / (7.39 * (0.01^2) * 210.53 * 2.45 * ((0.0005 * 27081.14) - 1.85))$$

$$= 0.768352648 \text{ m}$$

$$= 0.77 \text{ m}$$

$$= 0.77 \text{ m} < 2 \text{ m}$$

b) Tulangan Melintang

Tulangan melintang yang digunakan dari persamaan

$$A_s = (11.76 * (1.2 * 15 * 240)) / 230$$

$$= 221 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8 - 225 \text{ mm}$

$$A_s = 223 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Dowel

Dari perhitungan tebal pelat berdasarkan NAASRA yaitu 220 mm , maka diambil tebal pelat perkerasan sebesar 225 mm dengan ukuran dowel :

Diameter = 32 mm

Jarak = 300 mm

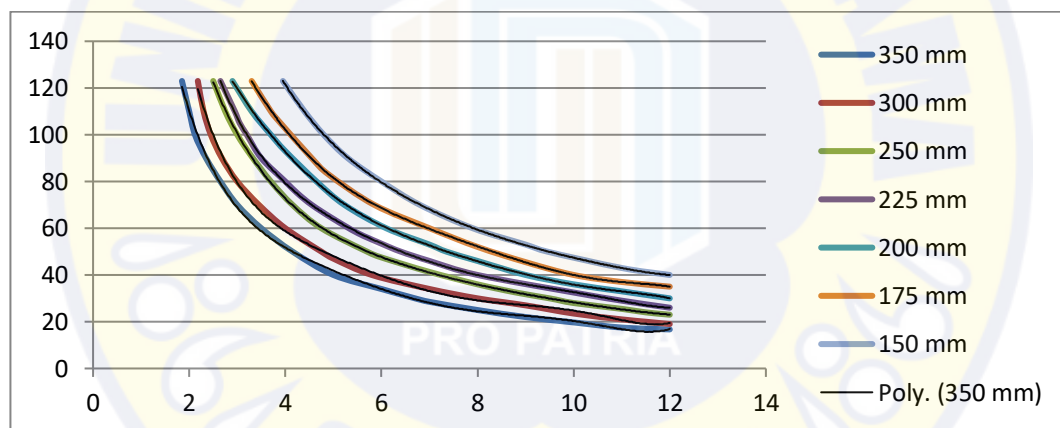
Panjang = 450 mm

Lihat pada tabel 2.8

Tie Bar

Penentuan jarak *tie bar* dapat dilihat dalam perhitungan Microsoft Excel.

Data tie bar di dapat pada grafik yang terdapat di lampiran.



Gambar 4.5 Tie Bar

Dari pengolahan data pada grafik tie bar, diperoleh rumus pada Microsoft Excel sebagai berikut :

D = 12 mm diameter Tie Bar

X = 4 m jarak

tebal = 240 mm tebal plat beton

Jadi, dari data diatas diketahui jarak tie bar maksimum sebesar 72.9 cm

Lihat lampiran LI.

BAB V

PENUTUP

Dari hasil perhitungan perkerasan jalan kaku (*rigid pavement*) :

- 1) Menggunakan program Microsoft Excel
- 2) Menghitung tanpa harus menarik garis dari gambar atau grafik
- 3) Data pada CBR konversi k dapat dihitung tanpa perhitungan manual
- 4) Data pada grafik perencanaan STRT, STRG, dan SGRG dibuat dengan menjabarkan gambar
- 5) Batasan yang dipakai menghitung jalan lurus
- 6) Dari data berikut :
 - Data lalu lintas pada tabel 3.1
 - Dengan nilai CBR = 2.42%
 - Mutu beton = 400 kg/cm²

NO	URAIAN	MDPJ 02/M/BM/2013	NAASRA
1	Nilai R	30,23	71,37
2	Repetisi Beban	31,1 x 10 ⁷	6,61 x 10 ⁷
3	Ruji	Ya	Ya
4	Tebal Pondasi	15 cm	15 cm
5	Persentase Fatigue	56,27%	81,19%
6	Tebal Pelat	280 mm	240 mm
7	Penulangan		
	Bersambung		
	Memanjang	D12 – 300 mm, As 377 mm ² /m lebar	D12 - 300 mm, As 377 mm ² /m lebar

	Melintang	D8-200mm, As 251 mm ² /m lebar	D8-225 mm, As 223 mm ² /m lebar
	Menerus		
	Memanjang	D19 - 200 mm, As 1418 mm ² /m lebar	D19 - 200 mm, As 1418 mm ² /m lebar
	Melintang	D8 - 200 mm, As 251 mm ² /m lebar	D8-225 mm, As 223 mm ² /m lebar
8	Dowel	Diameter : 32 mm Panjang : 450 mm Jarak : 300 mm	Diameter : 32 mm Panjang : 450 mm Jarak : 300 mm



DAFTAR PUSTAKA

- *Aspian Putra Agi. 2015. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) pada Ruas Jalan Simpang SP1 Menuju Rimba Ayu Kecamatan Kota Bangun Kabupaten Kutai Kartanegara. Untag Samarinda.*
- *Azis Amirudin dan Achmad. 2013. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dan Rencana Anggaran Biaya pada Ruas Jalan Desa Saliki Muara Badak. Universitas 17 Agustus, Samarinda.*
- *Bachtiar Vivi dan Yusuf M. 2010. Studi Tentang Penentuan Persyaratan Minimum untuk Konstruksi Jalan Beton (Rigid Pavement) diatas Tanah Lunak dengan Cara Percobaan Pembebanan Langsung di Lapangan. Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat.*
- *Bagio Tony Hartono, 1995. Program ANAKOMP, Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen.*
- *Das M Braja, Endah Noor, Mochtar B Indrasurya. Mekanika Tanah, jilid 1. Institus Teknologi 10 Nopember, Surabaya.*
- *Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen. Pd T-14-2003.*
- *Hendarsin L Shirley. 2008. Perencanaa Teknik Jalan Raya, Politeknik Negeri Bandung, Jurusan Teknik Sipil.*
- *Herman Dedi. 2013. Analisa Perhitungan Perkerasan Beton Semen (Rigid Pavement) Ruas Jalan H. M. Ardans STA 1+900 s/d 3+400 di Kecamatan Samarinda Ulu. Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda.*

- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2012.
Manual Desain Perkerasan Jalan, No. 22.2 / KPTS/Db/2012.
- *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013.* Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga.
- *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017.* Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga.
- Nurahmi Oktodelina, Kartika Anak Agung Gde. 2012. *Perbandingan Kostruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku Serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung.* Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Putra Gud Purmala, Darma Eko, Soedarmin. 2015. *Perencanaan Jalan Ring Road Barat Perempatan Cilacap dengan Menggunakan Beton.* Universitas Islam “45” Bekasi.
- Simanjuntak Irvan dan Muis A. Zulkarnain. 2014. *Evaluasi Tebal Lapis Perkerasan Lentur Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2/KPTS/Db/2012 Dengan Menggunakan Program Kanpave.* Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Suryawan Ari. 2009 . *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement),* Yogyakarta.
- Sutowo Cahya, Kirono Sasi, Susanto Timbul. 2014. *Analisa Kekuatan Material pada Aplikasi Dowel Jalan Beton.* Universitas Muhammadiyah Jakarta.

- *Tahrir Ruswandi dan Budianto Eko. 2010. Analisa Perencanaan Perbandingan Tebal Perkerasn Kaku (Rigid Pavement) dengan Menggunakan Metode AASTHO 1993, SNI Pd-T 14-2003, Road Note 29, dan NAASRA 1987 Jalan Kubang Raya Provinsi Riau, Lintas Timur Sumatera. Universitas Gunadarma.*
- *Tenriajeng Tenrisukki Andi. Rekayasa Jalan Raya-2. Seri Diktat Kuliah. Gunadarrma.*
- *Vivi Bachtiar, M. Yusuf, Mayuni Siti. 2012. Studi Tentang Perilaku Pelat Beton diatas Tanah Gambut untuk Pengembangan Jalan Beton di Pontianak. Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat.*

Pd T-14-2003

- 1. PONDASI**
- 2. TEGANGAN EKIVALEN**
- 3. ANALISA FATIGUE & BEBAN REPETISI IJIN**
- 4. ANALISA EROSI & JUMLAH REPETISI BEBAN**
- 5. GRAFIK PERENCANAAN LALU LINTAS**



LAMPIRAN 1 : PONDASI

Pondasi bawah minimum yang diperlukan untuk perkerasan kaku

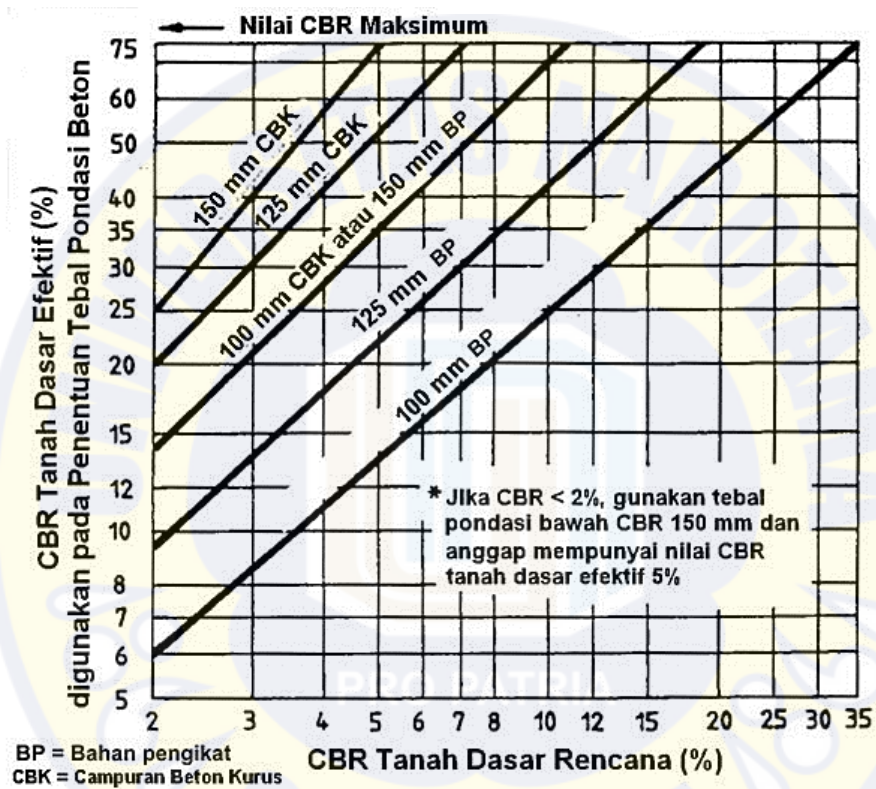
Sumber : Pd T-14-2003



LAMPIRAN 1 : PONDASI

CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

Sumber : Pd T-14-2003




LAMPIRAN 2 : TEGANGAN EKIVALEN


Tegangan Ekvivalen untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Sumber : Pd T-14-2003

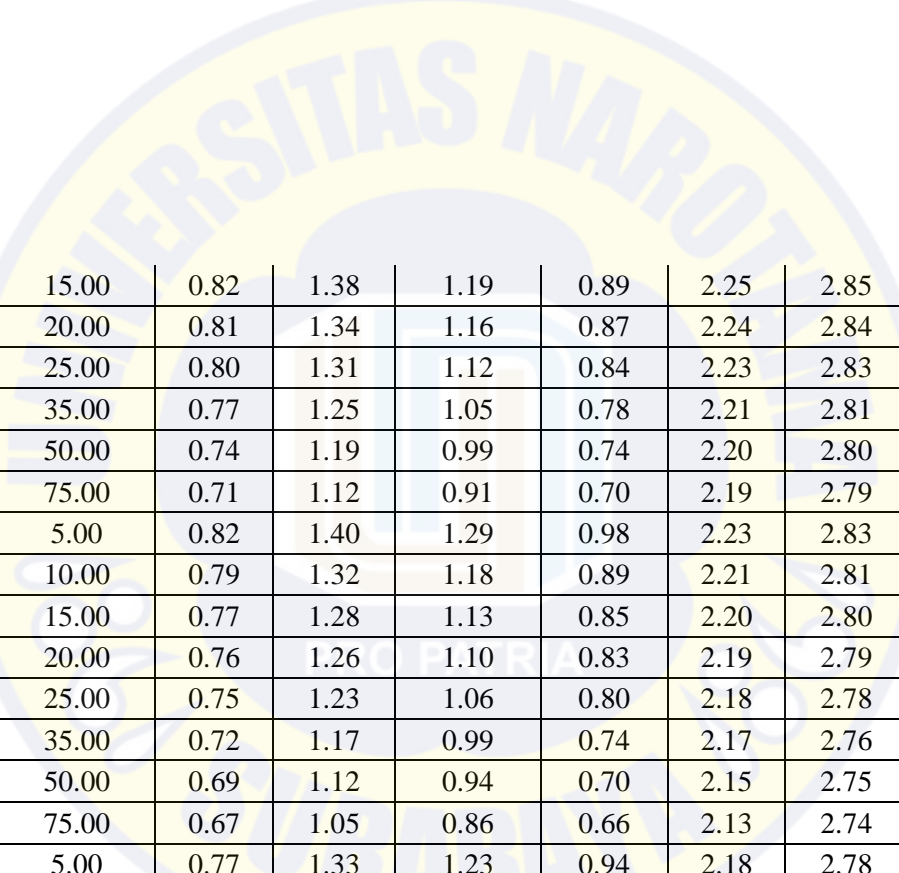
Tebal Pelat	CBR EFEKTIF TANAH DASAR	TEGANGAN SETARA				FAKTOR EROSI							
						TANPA RUJI				DENGAN RUJI			
		STRT	STRG	STdRG	StrRG	STRT	STRG	STdRG	StrRG	STRT	STRG	STdRG	StrRG
150.00	5.00	1.70	2.72	2.25	1.68	2.80	3.40	3.50	3.55	2.60	3.21	3.30	3.37
150.00	10.00	1.62	2.56	2.09	1.58	2.79	3.39	3.46	3.50	2.59	3.20	3.28	3.32
150.00	15.00	1.59	2.48	2.01	1.53	2.78	3.38	3.44	3.47	2.59	3.20	3.27	3.30
150.00	20.00	1.56	2.43	1.97	1.51	2.77	3.37	3.43	3.46	2.59	3.19	3.26	3.29
150.00	25.00	1.54	2.37	1.92	1.48	2.77	3.37	3.42	3.44	2.59	3.19	3.25	3.28
150.00	35.00	1.49	2.28	1.82	1.43	2.76	3.36	3.39	3.40	2.58	3.18	3.23	3.25
150.00	50.00	1.43	2.15	1.73	1.40	2.74	3.34	3.36	3.37	2.57	3.17	3.21	3.22
150.00	75.00	1.38	2.02	1.64	1.36	2.72	3.32	3.33	3.32	2.56	3.16	3.19	3.19
160.00	5.00	1.54	2.49	2.06	1.55	2.72	3.32	3.43	3.47	2.52	3.12	3.22	3.30
160.00	10.00	1.47	2.34	1.92	1.44	2.71	3.31	3.39	3.43	2.51	3.11	3.20	3.26
160.00	15.00	1.44	2.26	1.84	1.39	2.70	3.30	3.37	3.41	2.61	3.11	3.19	3.24
160.00	20.00	1.41	2.22	1.80	1.37	2.69	3.29	3.36	3.40	2.50	3.10	3.18	3.23
160.00	25.00	1.39	2.17	1.76	1.34	2.69	3.29	3.35	3.38	2.50	3.10	3.17	3.21
160.00	35.00	1.34	2.07	1.87	1.29	2.68	3.28	3.32	3.34	2.49	3.09	3.15	3.18



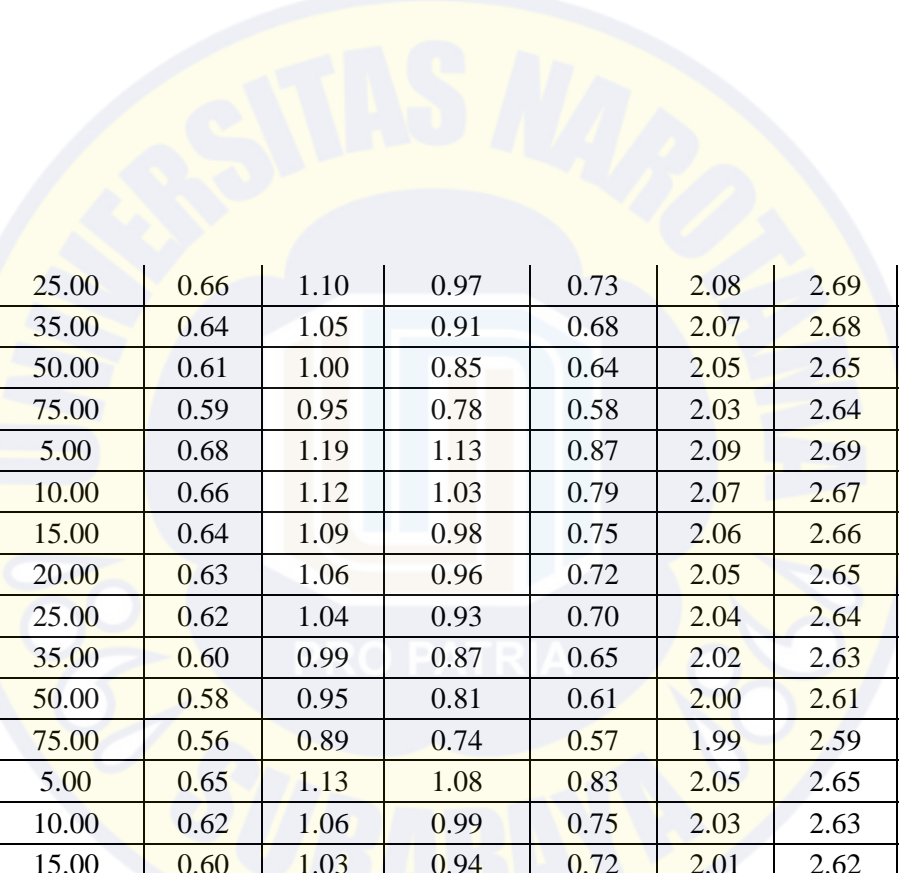
160.00	50.00	1.30	1.96	1.58	1.25	2.66	3.26	3.28	3.30	2.49	3.09	3.13	3.15
160.00	75.00	1.24	1.85	1.49	1.23	2.64	3.24	3.26	3.25	2.48	3.08	3.12	3.12
170.00	5.00	1.41	2.27	1.93	1.44	2.64	3.24	3.37	3.43	2.44	3.04	3.15	3.24
170.00	10.00	1.34	2.14	1.78	1.33	2.62	3.22	3.33	3.38	2.43	3.03	3.13	3.20
170.00	15.00	1.31	2.07	1.71	1.28	2.62	3.22	3.31	3.35	2.43	3.03	3.12	3.18
170.00	20.00	1.29	2.03	1.67	1.26	2.81	3.21	3.30	3.34	2.42	3.02	3.11	3.17
170.00	25.00	1.27	1.99	1.63	1.23	2.81	3.21	3.28	3.32	2.42	3.02	3.10	3.15
170.00	35.00	1.23	1.90	1.54	1.18	2.60	3.20	3.25	3.28	2.41	3.01	3.08	3.12
170.00	50.00	1.19	1.81	1.46	1.14	2.58	3.18	3.22	3.24	2.40	3.01	3.06	3.08
170.00	75.00	1.14	1.70	1.37	1.10	2.57	3.17	3.19	3.19	2.40	3.00	3.04	3.05
180.00	5.00	1.29	2.10	1.81	1.35	2.57	3.17	3.33	3.37	2.36	2.97	3.09	3.20
180.00	10.00	1.23	1.98	1.66	1.24	2.55	3.15	3.28	3.32	2.35	2.96	3.07	3.15
180.00	15.00	1.20	1.92	1.59	1.19	2.55	3.15	3.25	3.29	2.35	2.96	3.05	3.12
180.00	20.00	1.18	1.88	1.55	1.17	2.54	3.14	3.24	3.28	2.35	2.95	3.04	3.11
180.00	25.00	1.16	1.84	1.51	1.14	2.54	3.14	3.23	3.26	2.35	2.95	3.03	3.09
180.00	35.00	1.12	1.76	1.43	1.09	2.53	3.13	3.20	3.22	2.34	2.94	3.01	3.06
180.00	50.00	1.09	1.67	1.35	1.05	2.51	3.11	3.17	3.19	2.33	2.93	2.99	3.02
180.00	75.00	1.03	1.57	1.26	1.01	2.49	3.10	3.13	3.14	2.32	2.92	2.97	2.99
190.00	5.00	1.19	1.95	1.69	1.27	2.50	3.11	3.28	3.32	2.29	2.90	3.03	3.15
190.00	10.00	1.13	1.84	1.55	1.16	2.48	3.09	3.23	3.27	2.28	2.89	3.00	3.10
190.00	15.00	1.10	1.78	1.49	1.11	2.48	3.08	3.20	3.24	2.28	2.88	2.98	3.07
190.00	20.00	1.09	1.75	1.45	1.09	2.47	3.07	3.19	3.23	2.27	2.88	2.98	3.06
190.00	25.00	1.07	1.71	1.41	1.06	2.47	3.07	3.17	3.21	2.27	2.88	2.97	3.04
190.00	35.00	1.03	1.63	1.33	1.01	2.46	3.06	3.14	3.17	2.26	2.87	2.95	3.00
190.00	50.00	1.00	1.55	1.26	0.97	2.44	3.04	3.10	3.14	2.26	2.86	2.93	2.97
190.00	75.00	0.96	1.46	1.17	0.91	2.43	3.03	3.07	3.09	2.25	2.85	2.91	2.93



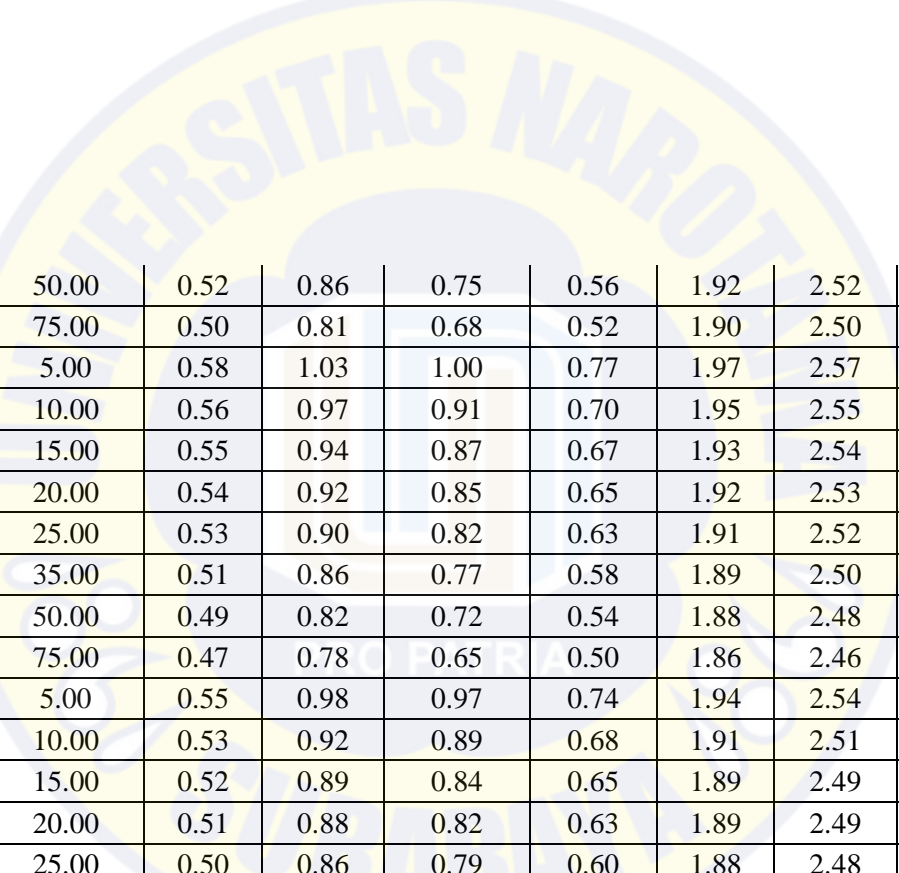
200.00	5.00	1.10	1.81	1.60	1.20	2.44	3.04	3.23	3.27	2.23	2.83	2.97	3.10
200.00	10.00	1.05	1.70	1.46	1.10	2.42	3.02	3.18	3.22	2.22	2.82	2.95	3.05
200.00	15.00	1.02	1.65	1.40	1.05	2.42	3.02	3.15	3.19	2.22	2.82	2.93	3.02
200.00	20.00	1.01	1.62	1.36	1.02	2.41	3.01	3.14	3.18	2.21	2.81	2.92	3.01
200.00	25.00	0.99	1.59	1.33	0.99	2.40	3.01	3.12	3.16	2.21	2.81	2.91	2.99
200.00	35.00	0.96	1.52	1.25	0.94	2.39	3.00	3.09	3.12	2.20	2.80	2.89	2.95
200.00	50.00	0.92	1.44	1.18	0.89	2.38	2.98	3.06	3.09	2.19	2.79	2.87	2.92
200.00	75.00	0.89	1.36	1.10	0.84	2.36	2.96	3.00	3.04	2.18	2.78	2.85	2.88
210.00	5.00	1.02	1.69	1.50	1.14	2.38	2.99	3.18	3.23	2.17	2.77	2.92	3.06
210.00	10.00	0.97	1.59	1.38	1.04	2.36	2.97	3.13	3.18	2.16	2.76	2.89	3.01
210.00	15.00	0.94	1.54	1.32	0.99	2.36	2.96	3.10	3.15	2.15	2.75	2.87	2.98
210.00	20.00	0.93	1.51	1.28	0.96	2.35	2.95	3.09	3.13	2.14	2.75	2.87	2.96
210.00	25.00	0.92	1.48	1.25	0.93	2.34	2.95	3.07	3.11	2.14	2.75	2.86	2.94
210.00	35.00	0.89	1.41	1.18	0.88	2.33	2.94	3.04	3.07	2.13	2.74	2.84	2.90
210.00	50.00	0.86	1.35	1.11	0.83	2.32	2.92	3.01	3.04	2.13	2.73	2.81	2.86
210.00	75.00	0.82	1.27	1.03	0.78	2.30	2.90	2.95	2.98	2.12	2.72	2.79	2.83
220.00	5.00	0.94	1.58	1.42	1.08	2.33	2.93	3.14	3.19	2.11	2.71	2.87	3.02
220.00	10.00	0.90	1.49	1.30	0.98	2.31	2.91	3.09	3.13	2.10	2.70	2.84	2.96
220.00	15.00	0.88	1.44	1.25	0.93	2.30	2.90	3.06	3.10	2.09	2.69	2.82	2.93
220.00	20.00	0.87	1.42	1.22	0.91	2.29	2.89	3.05	3.09	2.08	2.69	2.81	2.92
220.00	25.00	0.85	1.39	1.18	0.88	2.29	2.89	3.03	3.07	2.08	2.69	2.80	2.90
220.00	35.00	0.82	1.33	1.11	0.83	2.28	2.88	2.99	3.03	2.07	2.68	2.78	2.86
220.00	50.00	0.79	1.27	1.04	0.79	2.26	2.88	2.96	3.00	2.07	2.67	2.76	2.83
220.00	75.00	0.76	1.19	0.97	0.73	2.24	2.85	2.92	2.95	2.06	2.68	2.72	2.78
230.00	5.00	0.88	1.49	1.35	1.03	2.28	2.88	3.10	3.14	2.05	2.65	2.82	2.98
230.00	10.00	0.84	1.41	1.24	0.94	2.26	2.86	3.05	3.09	2.04	2.64	2.79	2.92




230.00	15.00	0.82	1.38	1.19	0.89	2.25	2.85	3.02	3.06	2.03	2.64	2.77	2.89
230.00	20.00	0.81	1.34	1.16	0.87	2.24	2.84	3.00	3.05	2.03	2.63	2.76	2.88
230.00	25.00	0.80	1.31	1.12	0.84	2.23	2.83	2.98	3.03	2.03	2.63	2.75	2.86
230.00	35.00	0.77	1.25	1.05	0.78	2.21	2.81	2.94	2.99	2.02	2.62	2.73	2.82
230.00	50.00	0.74	1.19	0.99	0.74	2.20	2.80	2.91	2.95	2.01	2.61	2.70	2.78
230.00	75.00	0.71	1.12	0.91	0.70	2.19	2.79	2.86	2.91	2.00	2.60	2.68	2.74
240.00	5.00	0.82	1.40	1.29	0.98	2.23	2.83	3.06	3.11	1.99	2.60	2.78	2.94
240.00	10.00	0.79	1.32	1.18	0.89	2.21	2.81	3.01	3.05	1.98	2.59	2.74	2.88
240.00	15.00	0.77	1.28	1.13	0.85	2.20	2.80	2.98	3.02	1.98	2.58	2.72	2.85
240.00	20.00	0.76	1.26	1.10	0.83	2.19	2.79	2.96	3.01	1.97	2.57	2.72	2.84
240.00	25.00	0.75	1.23	1.06	0.80	2.18	2.78	2.94	2.99	1.97	2.57	2.71	2.82
240.00	35.00	0.72	1.17	0.99	0.74	2.17	2.76	2.90	2.95	1.96	2.56	2.69	2.78
240.00	50.00	0.69	1.12	0.94	0.70	2.15	2.75	2.88	2.91	1.95	2.55	2.66	2.74
240.00	75.00	0.67	1.05	0.86	0.66	2.13	2.74	2.83	2.88	1.94	2.54	2.63	2.69
250.00	5.00	0.77	1.33	1.23	0.94	2.18	2.78	3.02	3.07	1.94	2.54	2.73	2.90
250.00	10.00	0.74	1.25	1.12	0.86	2.16	2.76	2.97	3.01	1.93	2.53	2.70	2.85
250.00	15.00	0.72	1.21	1.07	0.81	2.15	2.75	2.94	2.98	1.93	2.53	2.68	2.82
250.00	20.00	0.71	1.18	1.04	0.79	2.14	2.74	2.93	2.97	1.92	2.52	2.67	2.80
250.00	25.00	0.70	1.16	1.01	0.76	2.13	2.73	2.91	2.95	1.92	2.52	2.66	2.78
250.00	35.00	0.68	1.11	0.95	0.71	2.12	2.71	2.87	2.91	1.91	2.51	2.64	2.74
250.00	50.00	0.65	1.06	0.89	0.67	2.10	2.70	2.83	2.88	1.90	2.50	2.61	2.70
250.00	75.00	0.63	0.99	0.82	0.61	2.08	2.69	2.79	2.83	1.89	2.49	2.59	2.65
260.00	5.00	0.73	1.26	1.18	0.90	2.13	2.73	2.99	3.03	1.89	2.49	2.69	2.87
260.00	10.00	0.70	1.18	1.08	0.82	2.11	2.71	2.93	2.98	1.88	2.48	2.66	2.81
260.00	15.00	0.68	1.15	1.03	0.78	2.10	2.70	2.90	2.95	1.88	2.48	2.64	2.78
260.00	20.00	0.67	1.12	1.00	0.75	2.09	2.69	2.89	2.93	1.87	2.47	2.63	2.76



260.00	25.00	0.66	1.10	0.97	0.73	2.08	2.69	2.87	2.91	1.87	2.47	2.62	2.74
260.00	35.00	0.64	1.05	0.91	0.68	2.07	2.68	2.83	2.87	1.86	2.46	2.59	2.70
260.00	50.00	0.61	1.00	0.85	0.64	2.05	2.65	2.80	2.84	1.85	2.45	2.56	2.67
260.00	75.00	0.59	0.95	0.78	0.58	2.03	2.64	2.75	2.78	1.84	2.44	2.54	2.61
270.00	5.00	0.68	1.19	1.13	0.87	2.09	2.69	2.95	3.00	1.84	2.44	2.65	2.83
270.00	10.00	0.66	1.12	1.03	0.79	2.07	2.67	2.90	2.94	1.83	2.43	2.62	2.78
270.00	15.00	0.64	1.09	0.98	0.75	2.06	2.66	2.87	2.91	1.83	2.43	2.60	2.75
270.00	20.00	0.63	1.06	0.96	0.72	2.05	2.65	2.85	2.90	1.82	2.42	2.59	2.73
270.00	25.00	0.62	1.04	0.93	0.70	2.04	2.64	2.83	2.88	1.82	2.42	2.58	2.71
270.00	35.00	0.60	0.99	0.87	0.65	2.02	2.63	2.79	2.84	1.81	2.41	2.55	2.67
270.00	50.00	0.58	0.95	0.81	0.61	2.00	2.61	2.76	2.80	1.80	2.40	2.52	2.63
270.00	75.00	0.56	0.89	0.74	0.57	1.99	2.59	2.70	2.75	1.79	2.39	2.50	2.58
280.00	5.00	0.65	1.13	1.08	0.83	2.05	2.65	2.92	2.97	1.80	2.40	2.62	2.80
280.00	10.00	0.62	1.06	0.99	0.75	2.03	2.63	2.86	2.91	1.79	2.39	2.58	2.74
280.00	15.00	0.60	1.03	0.94	0.72	2.01	2.62	2.83	2.88	1.78	2.38	2.56	2.71
280.00	20.00	0.60	1.01	0.92	0.69	2.00	2.61	2.82	2.87	1.77	2.37	2.55	2.70
280.00	25.00	0.59	0.99	0.89	0.67	1.99	2.60	2.80	2.85	1.77	2.37	2.54	2.68
280.00	35.00	0.57	0.94	0.83	0.62	1.97	2.58	2.76	2.81	1.76	2.36	2.51	2.64
280.00	50.00	0.55	0.90	0.78	0.59	1.96	2.56	2.72	2.77	1.75	2.35	2.48	2.60
280.00	75.00	0.53	0.86	0.71	0.53	1.94	2.55	2.68	2.72	1.74	2.34	2.46	2.55
290.00	5.00	0.61	1.08	1.04	0.80	2.01	2.61	2.89	2.93	1.75	2.35	2.58	2.77
290.00	10.00	0.59	1.01	0.95	0.73	1.99	2.59	2.83	2.88	1.74	2.34	2.54	2.71
290.00	15.00	0.58	0.98	0.90	0.70	1.97	2.58	2.80	2.85	1.74	2.34	2.52	2.68
290.00	20.00	0.57	0.96	0.88	0.67	1.96	0.20	2.79	2.83	1.73	2.33	2.51	2.67
290.00	25.00	0.56	0.94	0.85	0.65	1.95	2.56	2.77	2.81	1.73	2.33	2.50	2.65
290.00	35.00	0.54	0.90	0.80	0.60	1.93	2.54	2.73	2.77	1.72	2.32	2.47	2.61



290.00	50.00	0.52	0.86	0.75	0.56	1.92	2.52	2.69	2.74	1.71	2.31	2.44	2.56
290.00	75.00	0.50	0.81	0.68	0.52	1.90	2.50	2.64	2.68	1.70	2.30	2.42	2.51
300.00	5.00	0.58	1.03	1.00	0.77	1.97	2.57	2.86	2.90	1.71	2.31	2.55	2.74
300.00	10.00	0.56	0.97	0.91	0.70	1.95	2.55	2.80	2.85	1.70	2.30	2.51	2.68
300.00	15.00	0.55	0.94	0.87	0.67	1.93	2.54	2.77	2.82	1.69	2.30	2.49	2.65
300.00	20.00	0.54	0.92	0.85	0.65	1.92	2.53	2.76	2.80	1.68	2.29	2.48	2.64
300.00	25.00	0.53	0.90	0.82	0.63	1.91	2.52	2.74	2.78	1.68	2.29	2.46	2.62
300.00	35.00	0.51	0.86	0.77	0.58	1.89	2.50	2.70	2.74	1.67	2.28	2.43	2.58
300.00	50.00	0.49	0.82	0.72	0.54	1.88	2.48	2.66	2.70	1.66	2.26	2.41	2.53
300.00	75.00	0.47	0.78	0.65	0.50	1.86	2.46	2.61	2.65	1.65	2.26	2.37	2.48
310.00	5.00	0.55	0.98	0.97	0.74	1.94	2.54	2.83	2.88	1.67	2.27	2.51	2.71
310.00	10.00	0.53	0.92	0.89	0.68	1.91	2.51	2.77	2.82	1.66	2.26	2.47	2.65
310.00	15.00	0.52	0.89	0.84	0.65	1.89	2.49	1.65	2.79	1.65	2.25	2.45	2.62
310.00	20.00	0.51	0.88	0.82	0.63	1.89	2.49	1.64	2.77	1.64	2.24	2.44	2.61
310.00	25.00	0.50	0.86	0.79	0.60	1.88	2.48	1.64	2.75	1.64	2.24	2.43	2.59
310.00	35.00	0.49	0.82	0.74	0.55	1.86	2.46	1.63	2.71	1.63	2.23	2.40	2.55
310.00	50.00	0.47	0.78	0.69	0.51	1.84	2.44	1.62	2.67	1.62	2.22	2.37	2.50
310.00	75.00	0.45	0.74	0.63	0.48	1.82	2.42	2.58	2.62	1.61	2.21	2.34	2.45
320.00	5.00	0.53	0.94	0.93	0.71	1.90	2.50	2.80	2.85	1.63	2.23	2.48	2.69
320.00	10.00	0.51	0.88	0.85	0.65	1.87	2.48	2.74	2.79	1.62	2.22	2.44	2.63
320.00	15.00	0.50	0.85	0.81	0.62	1.85	2.46	2.71	2.76	1.61	2.21	2.42	2.60
320.00	20.00	0.49	0.84	0.79	0.60	1.85	2.45	2.70	2.74	1.60	2.20	2.41	2.58
320.00	25.00	0.48	0.82	0.76	0.58	1.84	2.44	2.68	2.72	1.60	2.20	2.40	2.56
320.00	35.00	0.46	0.78	0.71	0.54	1.82	2.42	2.64	2.68	1.59	2.19	2.37	2.52
320.00	50.00	0.44	0.75	0.67	0.51	1.80	2.40	2.60	2.64	1.58	2.18	2.33	2.47
320.00	75.00	0.43	0.71	0.61	0.45	1.78	2.38	2.55	2.59	1.57	2.17	2.31	2.42




330.00	5.00	0.50	0.90	0.90	0.69	1.87	2.47	2.78	2.82	1.59	2.19	2.45	2.66
330.00	10.00	0.48	0.85	0.82	0.63	1.84	2.44	2.72	2.76	1.58	2.18	2.41	2.60
330.00	15.00	0.47	0.82	0.79	0.60	1.82	2.42	2.69	2.73	1.57	2.17	2.39	2.57
330.00	20.00	0.46	0.80	0.76	0.58	1.81	2.42	2.67	2.72	1.56	2.16	2.38	2.55
330.00	25.00	0.46	0.78	0.74	0.56	1.80	2.41	2.65	2.70	1.56	2.16	2.36	2.53
330.00	35.00	0.45	0.74	0.69	0.52	1.78	2.39	2.61	2.66	1.55	2.15	2.33	2.49
330.00	50.00	0.42	0.71	0.64	0.48	1.76	2.36	2.57	2.62	1.54	2.14	2.30	2.45
330.00	75.00	0.41	0.68	0.59	0.45	1.74	2.35	2.52	2.57	1.53	2.13	2.28	2.40
340.00	5.00	0.48	0.86	0.87	0.65	1.84	2.44	2.75	2.79	1.55	2.15	2.42	2.63
340.00	10.00	0.46	0.80	0.79	0.61	1.81	2.41	2.69	2.74	1.54	2.14	2.38	2.57
340.00	15.00	0.45	0.78	0.76	0.58	1.79	2.39	2.66	2.71	1.53	2.14	2.36	2.54
340.00	20.00	0.44	0.77	0.73	0.57	1.78	2.38	2.64	2.69	1.52	2.13	2.35	2.52
340.00	25.00	0.44	0.75	0.71	0.55	1.77	2.37	2.62	2.67	1.52	2.12	2.33	2.50
340.00	35.00	0.43	0.72	0.66	0.51	1.75	2.35	2.58	2.63	1.51	2.11	2.30	2.46
340.00	50.00	0.40	0.68	0.62	0.47	1.73	2.33	2.54	2.59	1.50	2.10	2.27	2.42
340.00	75.00	0.39	0.65	0.56	0.43	1.71	2.31	2.49	2.54	1.49	2.09	2.24	2.37
350.00	5.00	0.46	0.83	0.85	0.63	1.80	2.41	2.72	2.77	1.51	2.11	2.39	2.61
350.00	10.00	0.44	0.78	0.77	0.59	1.77	2.38	2.67	2.71	1.50	2.10	2.35	2.55
350.00	15.00	0.43	0.75	0.74	0.56	1.75	2.36	2.64	2.68	1.50	2.10	2.33	2.52
350.00	20.00	0.42	0.74	0.71	0.55	1.75	2.35	2.62	2.66	1.49	2.09	2.32	2.50
350.00	25.00	0.42	0.72	0.69	0.53	1.74	2.34	2.60	2.64	1.49	2.09	2.30	2.48
350.00	35.00	0.41	0.69	0.64	0.49	1.72	2.32	2.56	2.60	1.48	2.08	2.27	2.44
350.00	50.00	0.39	0.65	0.60	0.46	1.69	2.29	2.52	2.56	1.46	2.07	2.24	2.39
350.00	75.00	0.37	0.62	0.54	0.42	1.67	2.28	2.47	2.51	1.46	2.06	2.21	2.34

LAMPIRAN 2 : TEGANGAN EKIVALEN


Tegangan Ekvivalen untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton

Sumber : Pd T-14-2003


Tebal Pelat	CBR EFEKTIF TANAH DASAR	TEGANGAN SETARA				FAKTOR EROSI							
						TANPA RUJI				DENGAN RUJI			
		STR _T	STR _G	STd _{RG}	Str _{RG}	STR _T	STR _G	STd _{RG}	Str _{RG}	STR _T	STR _G	STd _{RG}	Str _{RG}
150.00	5.00	1.42	2.16	1.81	1.45	2.34	2.94	2.99	3.00	2.14	2.74	2.78	2.81
150.00	10.00	1.36	2.04	1.70	1.39	2.32	2.92	2.94	2.94	2.13	2.72	2.73	2.75
150.00	15.00	1.33	1.98	1.65	1.36	2.32	2.92	2.91	2.91	2.12	2.72	2.70	2.72
150.00	20.00	1.32	1.94	1.62	1.35	2.31	2.91	2.90	2.90	2.11	2.71	2.69	2.70
150.00	25.00	1.30	1.90	1.59	1.33	2.30	2.90	2.88	2.88	2.10	2.70	2.67	2.67
150.00	35.00	1.27	1.82	1.53	1.30	2.29	2.89	2.85	2.84	2.08	2.69	2.64	2.63
150.00	50.00	1.23	1.74	1.49	0.10	2.27	2.87	2.82	2.81	2.06	2.67	2.60	2.59
150.00	75.00	1.20	1.65	1.43	1.26	2.25	2.85	2.79	2.77	2.04	2.65	2.57	2.56
160.00	5.00	1.29	1.98	1.67	1.33	2.26	2.87	2.93	2.95	2.06	2.66	2.72	2.77
160.00	10.00	1.24	1.87	1.56	1.26	2.24	2.85	2.88	2.89	2.04	2.64	2.67	2.69
160.00	15.00	1.21	1.82	1.51	1.23	2.24	2.84	2.85	2.86	2.04	2.64	2.64	2.66
160.00	20.00	1.20	1.79	1.49	1.21	2.23	2.83	2.84	2.84	2.03	2.63	2.62	2.64
160.00	25.00	1.18	1.75	1.46	1.20	2.23	2.83	2.82	2.82	2.02	2.62	2.60	2.62
160.00	35.00	1.15	1.67	1.41	1.17	2.22	2.82	2.79	2.78	2.00	2.61	2.56	2.57




160.00	50.00	1.12	1.60	1.36	1.15	2.20	2.80	2.75	2.75	1.98	2.59	2.53	2.53
160.00	75.00	1.10	1.52	1.30	1.13	2.18	2.78	2.72	2.69	1.97	2.57	2.50	2.49
170.00	5.00	1.17	1.83	1.55	1.22	2.19	2.80	2.88	2.90	1.99	2.59	2.66	2.72
170.00	10.00	1.13	1.73	1.45	1.16	2.17	2.78	2.83	2.84	1.97	2.57	2.61	2.64
170.00	15.00	1.11	1.68	1.40	1.13	2.17	2.77	2.80	2.81	1.96	2.57	2.58	2.61
170.00	20.00	1.10	1.65	1.38	1.12	2.16	2.76	2.79	2.79	1.95	2.56	2.57	2.59
170.00	25.00	1.08	1.62	1.35	1.10	2.16	2.76	2.77	2.77	1.95	2.55	2.55	2.57
170.00	35.00	1.05	1.55	1.30	1.07	2.15	2.75	2.73	2.73	1.94	2.53	2.51	2.53
170.00	50.00	1.03	1.49	1.25	1.04	2.13	2.73	2.70	2.70	1.91	2.51	2.47	2.48
170.00	75.00	1.02	1.41	1.19	1.03	2.11	2.71	2.66	2.64	1.89	2.49	2.43	2.43
180.00	5.00	1.07	1.70	1.44	1.13	2.13	2.73	2.83	2.86	1.92	2.52	2.61	2.68
180.00	10.00	1.03	1.60	1.35	1.07	2.11	2.71	2.78	2.79	1.90	2.50	2.56	2.60
180.00	15.00	1.01	1.55	1.30	1.04	2.10	2.71	2.75	2.76	1.89	2.50	2.53	2.57
180.00	20.00	1.01	1.53	1.28	1.03	2.09	2.70	2.73	2.74	1.88	2.49	2.51	2.54
180.00	25.00	1.00	1.50	1.25	1.01	2.09	2.69	2.71	2.72	1.88	2.48	2.49	2.52
180.00	35.00	0.98	1.44	1.20	0.98	2.08	2.68	2.67	2.68	1.87	2.46	2.45	2.47
180.00	50.00	0.95	1.38	1.16	0.96	2.06	2.66	2.64	2.64	1.84	2.44	2.42	2.42
180.00	75.00	0.94	1.31	1.10	0.94	2.04	2.64	2.61	2.60	1.82	2.42	2.36	2.37
190.00	5.00	0.99	1.58	1.35	1.05	2.07	2.67	2.78	2.82	1.86	2.46	2.57	2.64
190.00	10.00	0.96	1.49	1.26	0.99	2.05	2.65	2.72	2.75	1.84	2.44	2.51	2.56
190.00	15.00	0.94	1.44	1.21	0.97	2.04	2.64	2.70	2.72	1.83	2.43	2.48	2.53
190.00	20.00	0.93	1.42	1.19	0.96	2.03	2.63	2.69	2.70	1.82	2.42	2.46	2.50
190.00	25.00	0.92	1.40	1.17	0.94	2.03	2.63	2.67	2.68	1.81	2.41	2.44	2.48
190.00	35.00	0.90	1.35	1.12	0.91	2.02	2.62	2.63	2.64	1.79	2.40	2.40	2.43
190.00	50.00	0.88	1.29	1.08	0.88	2.00	2.60	2.60	2.60	1.77	2.38	2.36	2.38
190.00	75.00	0.87	1.22	1.02	0.86	1.98	2.58	2.55	2.55	1.76	2.36	2.32	2.31




200.00	5.00	0.91	1.47	1.27	0.99	2.01	2.61	2.74	2.78	1.80	2.40	2.52	2.60
200.00	10.00	0.89	1.39	1.18	0.93	1.99	2.59	2.69	2.71	1.78	2.38	2.46	2.52
200.00	15.00	0.87	1.35	1.15	0.90	1.98	2.59	2.66	2.68	1.77	2.37	2.43	2.49
200.00	20.00	0.86	1.33	1.12	0.89	1.97	2.58	2.64	2.66	1.76	2.36	2.42	2.48
200.00	25.00	0.85	1.30	1.10	0.87	1.97	2.57	2.62	2.64	1.75	2.35	2.40	2.44
200.00	35.00	0.83	1.25	1.05	0.84	1.96	2.56	2.58	2.60	1.73	2.33	2.36	2.39
200.00	50.00	0.82	1.20	1.01	0.82	1.94	2.54	2.54	2.55	1.71	2.31	2.32	2.33
200.00	75.00	0.81	1.14	0.95	0.80	1.92	2.52	2.51	2.50	1.69	2.30	2.27	2.28
210.00	5.00	0.85	1.38	1.20	0.93	1.96	2.56	2.70	2.75	1.74	2.34	2.48	2.57
210.00	10.00	0.82	1.30	1.11	0.87	1.94	2.54	2.65	2.67	1.72	2.32	2.42	2.49
210.00	15.00	0.80	1.27	1.08	0.84	1.93	2.53	2.62	2.64	1.71	2.31	2.39	2.45
210.00	20.00	0.80	1.24	1.05	0.83	1.92	2.52	2.60	2.62	1.70	2.30	2.37	2.43
210.00	25.00	0.79	1.22	1.03	0.81	1.91	2.51	2.58	2.60	1.69	2.29	2.35	2.40
210.00	35.00	0.77	1.17	0.98	0.78	1.90	2.49	2.54	2.56	1.67	2.28	2.31	2.34
210.00	50.00	0.76	1.13	0.94	0.76	1.88	2.48	2.51	2.51	1.65	2.26	2.27	2.29
210.00	75.00	0.75	1.07	0.90	0.74	1.86	2.47	2.45	2.46	1.64	2.24	2.22	2.22
220.00	5.00	0.79	1.30	1.13	0.87	1.91	2.51	2.67	2.72	1.68	2.29	2.44	2.54
220.00	10.00	0.77	1.22	1.05	0.81	1.89	2.49	2.61	2.64	1.66	2.27	2.38	2.46
220.00	15.00	0.76	1.19	1.02	0.79	1.88	2.48	2.58	2.61	1.66	2.26	2.35	2.42
220.00	20.00	0.75	1.17	0.99	0.78	1.87	2.47	2.56	2.58	1.65	2.25	2.33	2.39
220.00	25.00	0.74	1.15	0.97	0.76	1.86	2.46	2.54	2.56	1.64	2.24	2.31	2.37
220.00	35.00	0.72	1.11	0.92	0.73	1.85	2.45	2.50	2.52	1.62	2.22	2.27	2.32
220.00	50.00	0.71	1.06	0.88	0.71	1.83	2.43	2.47	2.48	1.60	2.20	2.23	2.26
220.00	75.00	0.70	1.01	0.85	0.69	1.81	2.41	2.41	2.41	1.58	2.18	2.18	2.19
230.00	5.00	0.74	1.22	1.08	0.82	1.86	2.46	2.63	2.69	1.63	2.23	2.40	2.50
230.00	10.00	0.72	1.15	1.00	0.77	1.84	2.44	2.57	2.61	1.61	2.21	2.34	2.42



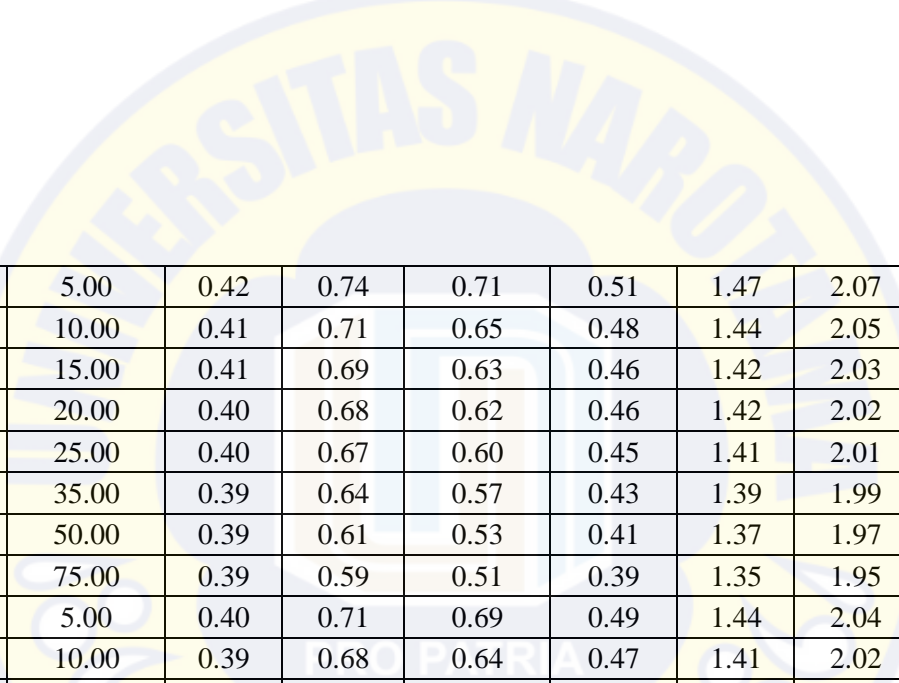
230.00	15.00	0.71	1.12	0.97	0.75	1.83	2.43	2.54	2.58	1.60	2.21	2.31	2.39
230.00	20.00	0.70	1.10	0.94	0.74	1.82	2.42	2.52	2.55	1.59	2.20	2.29	2.36
230.00	25.00	0.69	1.08	0.92	0.72	1.81	2.41	2.50	2.53	1.58	2.19	2.27	2.34
230.00	35.00	0.68	1.04	0.87	0.69	1.80	2.40	2.46	2.48	1.56	2.17	2.23	2.28
230.00	50.00	0.67	1.00	0.83	0.67	1.78	2.38	2.43	2.44	1.54	2.15	2.19	2.22
230.00	75.00	0.66	0.96	0.80	0.65	1.76	2.36	2.37	2.37	1.53	2.13	2.12	2.16
240.00	5.00	0.69	1.16	1.02	0.78	1.81	2.41	2.60	2.66	1.58	2.18	2.36	2.47
240.00	10.00	0.67	1.09	0.95	0.72	1.79	2.39	2.54	2.58	1.56	2.17	2.30	2.39
240.00	15.00	0.66	1.06	0.92	0.70	1.78	2.38	2.51	2.55	1.55	2.15	2.27	2.36
240.00	20.00	0.65	1.04	0.89	0.69	1.77	2.37	2.49	2.52	1.54	2.14	2.25	2.33
240.00	25.00	0.65	1.02	0.87	0.68	1.76	2.36	2.47	2.50	1.53	2.13	2.23	2.31
240.00	35.00	0.64	0.98	0.83	0.66	1.75	2.35	2.43	2.45	1.51	2.11	2.19	2.25
240.00	50.00	0.63	0.95	0.79	0.63	1.73	2.33	2.39	2.41	1.49	2.10	2.15	2.19
240.00	75.00	0.62	0.89	0.76	0.61	1.71	2.31	2.34	2.34	1.48	2.08	2.10	2.13
250.00	5.00	0.65	1.09	0.98	0.73	1.77	2.37	2.56	2.63	1.54	2.14	2.32	2.45
250.00	10.00	0.63	1.03	0.90	0.69	1.74	2.35	2.50	2.55	1.52	2.12	2.26	2.37
250.00	15.00	0.62	1.00	0.87	0.67	1.73	2.34	2.47	2.52	1.50	2.11	2.23	2.33
250.00	20.00	0.61	0.99	0.85	0.66	1.72	2.33	2.45	2.49	1.49	2.10	2.22	2.30
250.00	25.00	0.61	0.97	0.83	0.64	1.72	2.32	2.43	2.47	1.48	2.09	2.20	2.28
250.00	35.00	0.60	0.93	0.79	0.61	1.71	2.30	2.39	2.42	1.40	2.07	2.16	2.22
250.00	50.00	0.59	0.90	0.75	0.59	1.68	2.28	2.36	2.38	1.44	2.05	2.11	2.16
250.00	75.00	0.58	0.86	0.72	0.57	1.66	2.27	2.30	2.31	1.43	2.03	2.06	2.10
260.00	5.00	0.61	1.04	0.93	0.71	1.72	2.33	2.53	2.61	1.49	2.09	2.29	2.42
260.00	10.00	0.60	0.98	0.86	0.66	1.70	2.30	2.47	2.53	1.47	2.07	2.23	2.34
260.00	15.00	0.59	0.95	0.83	0.63	1.69	2.28	2.44	2.49	1.46	2.06	2.20	2.30
260.00	20.00	0.58	0.94	0.81	0.62	1.68	2.28	2.42	2.46	1.45	2.05	2.18	2.28



260.00	25.00	0.57	0.92	0.79	0.61	1.67	2.27	2.40	2.44	1.44	2.04	2.16	2.25
260.00	35.00	0.56	0.88	0.75	0.59	1.66	2.26	2.36	2.39	1.42	2.02	2.12	2.19
260.00	50.00	0.56	0.85	0.71	0.56	1.64	2.24	2.32	2.35	1.40	2.00	2.08	2.13
260.00	75.00	0.55	0.81	0.68	0.54	1.62	2.22	2.27	2.28	1.38	1.98	2.01	2.06
270.00	5.00	0.57	0.99	0.89	0.66	1.68	2.28	2.50	2.58	1.45	2.05	2.25	2.39
270.00	10.00	0.55	0.93	0.83	0.62	1.66	2.26	2.44	2.50	1.43	2.03	2.20	2.31
270.00	15.00	0.55	0.90	0.80	0.60	1.65	2.25	2.41	2.47	1.41	2.02	2.17	2.27
270.00	20.00	0.54	0.89	0.78	0.59	1.64	2.24	2.39	2.44	1.40	2.01	2.15	2.25
270.00	25.00	0.54	0.87	0.76	0.58	1.63	2.23	2.37	2.42	1.39	2.00	2.13	2.22
270.00	35.00	0.53	0.84	0.72	0.56	1.61	2.22	2.33	2.37	1.37	1.98	2.09	2.16
270.00	50.00	0.53	0.80	0.68	0.53	1.59	2.20	2.29	2.32	1.35	1.96	2.04	2.11
270.00	75.00	0.52	0.77	0.65	0.52	1.58	2.18	2.24	2.25	1.34	1.94	1.99	2.03
280.00	5.00	0.54	0.94	0.86	0.63	1.64	2.25	2.48	2.56	1.40	2.01	2.22	2.37
280.00	10.00	0.52	0.89	0.79	0.60	1.62	2.22	2.41	2.48	1.38	1.99	2.16	2.29
280.00	15.00	0.52	0.86	0.76	0.58	1.61	2.20	2.38	2.44	1.37	1.97	2.13	2.25
280.00	20.00	0.51	0.85	0.74	0.57	1.60	2.20	2.36	2.42	1.36	1.96	2.12	2.22
280.00	25.00	0.51	0.83	0.73	0.56	1.59	2.19	2.34	2.39	1.35	1.95	2.10	2.20
280.00	35.00	0.50	0.80	0.69	0.54	1.57	2.18	2.30	2.34	1.33	1.93	2.06	2.14
280.00	50.00	0.50	0.76	0.66	0.51	1.55	2.16	2.26	2.29	1.31	1.91	2.01	2.08
280.00	75.00	0.49	0.74	0.62	0.49	1.54	2.14	2.21	2.22	1.29	1.89	1.96	2.00
290.00	5.00	0.51	0.90	0.82	0.60	1.61	2.21	2.45	2.54	1.36	1.97	2.19	2.34
290.00	10.00	0.50	0.85	0.76	0.57	1.58	2.18	2.39	2.46	1.34	1.94	2.13	2.26
290.00	15.00	0.50	0.82	0.73	0.55	1.56	2.16	2.36	2.42	1.33	1.92	2.10	2.22
290.00	20.00	0.49	0.81	0.72	0.54	1.56	2.16	2.34	2.39	1.32	1.92	2.08	2.20
290.00	25.00	0.49	0.79	0.70	0.53	1.55	2.15	2.32	2.37	1.31	1.91	2.06	2.17
290.00	35.00	0.48	0.76	0.66	0.51	1.53	2.14	2.28	2.32	1.29	1.89	2.02	2.11



290.00	50.00	0.47	0.73	0.63	0.49	1.51	2.12	2.23	2.27	1.27	1.87	1.98	2.05
290.00	75.00	0.47	0.70	0.60	0.47	1.50	2.10	2.18	2.19	1.25	1.85	1.93	1.98
300.00	5.00	0.49	0.86	0.79	0.58	1.57	2.17	2.42	2.52	1.32	1.93	2.16	2.32
300.00	10.00	0.48	0.81	0.73	0.55	1.55	2.15	2.36	2.44	1.30	1.91	2.10	2.24
300.00	15.00	0.47	0.78	0.70	0.53	1.53	2.14	2.33	2.40	1.29	1.89	2.07	2.20
300.00	20.00	0.46	0.77	0.69	0.52	1.52	2.13	2.31	2.37	1.28	1.88	2.05	2.18
300.00	25.00	0.48	0.76	0.67	0.51	1.51	2.12	2.29	2.35	1.27	1.87	2.03	2.15
300.00	35.00	0.46	0.73	0.64	0.49	1.49	2.10	2.25	2.30	1.25	1.85	1.99	2.09
300.00	50.00	0.45	0.70	0.60	0.46	1.48	2.08	2.20	2.24	1.23	1.83	1.95	2.03
300.00	75.00	0.45	0.67	0.57	0.45	1.46	2.06	2.15	2.17	1.21	1.81	1.90	1.95
310.00	5.00	0.46	0.81	0.76	0.55	1.54	2.14	2.40	2.50	1.29	1.89	2.13	2.30
310.00	10.00	0.40	0.77	0.70	0.52	1.51	2.11	2.33	2.42	1.27	1.87	2.07	2.22
310.00	15.00	0.45	0.75	0.68	0.50	1.49	2.09	2.30	2.38	1.25	1.86	2.04	2.18
310.00	20.00	0.44	0.74	0.66	0.50	1.49	2.09	2.28	2.35	1.24	1.85	2.03	2.15
310.00	25.00	0.44	0.72	0.64	0.49	1.48	2.08	2.26	2.33	1.23	1.84	2.01	2.13
310.00	35.00	0.43	0.69	0.61	0.47	1.48	2.06	2.22	2.28	1.21	1.82	1.97	2.07
310.00	50.00	0.43	0.67	0.58	0.44	1.44	2.04	2.18	2.22	1.19	1.79	1.92	2.01
310.00	75.00	0.42	0.63	0.54	0.43	1.42	2.02	2.13	2.15	1.17	1.77	1.87	1.93
320.00	5.00	0.44	0.78	0.74	0.53	1.50	2.11	2.37	2.48	1.25	1.85	2.10	2.27
320.00	10.00	0.43	0.74	0.68	0.50	1.48	2.08	2.31	2.40	1.23	1.83	2.05	2.19
320.00	15.00	0.43	0.72	0.65	0.48	1.46	2.06	2.28	2.36	1.22	1.82	2.02	2.15
320.00	20.00	0.42	0.71	0.64	0.48	1.45	2.06	2.26	2.33	1.21	1.81	2.00	2.13
320.00	25.00	0.42	0.69	0.62	0.47	1.44	2.05	2.24	2.31	1.20	1.80	1.98	2.10
320.00	35.00	0.41	0.66	0.59	0.45	1.42	2.03	2.20	2.26	1.18	1.78	1.94	2.04
320.00	50.00	0.41	0.64	0.55	0.43	1.41	2.01	2.15	2.20	1.15	1.76	1.89	1.98
320.00	75.00	0.41	0.62	0.53	0.41	1.39	1.99	2.10	2.12	1.13	1.74	1.84	1.91

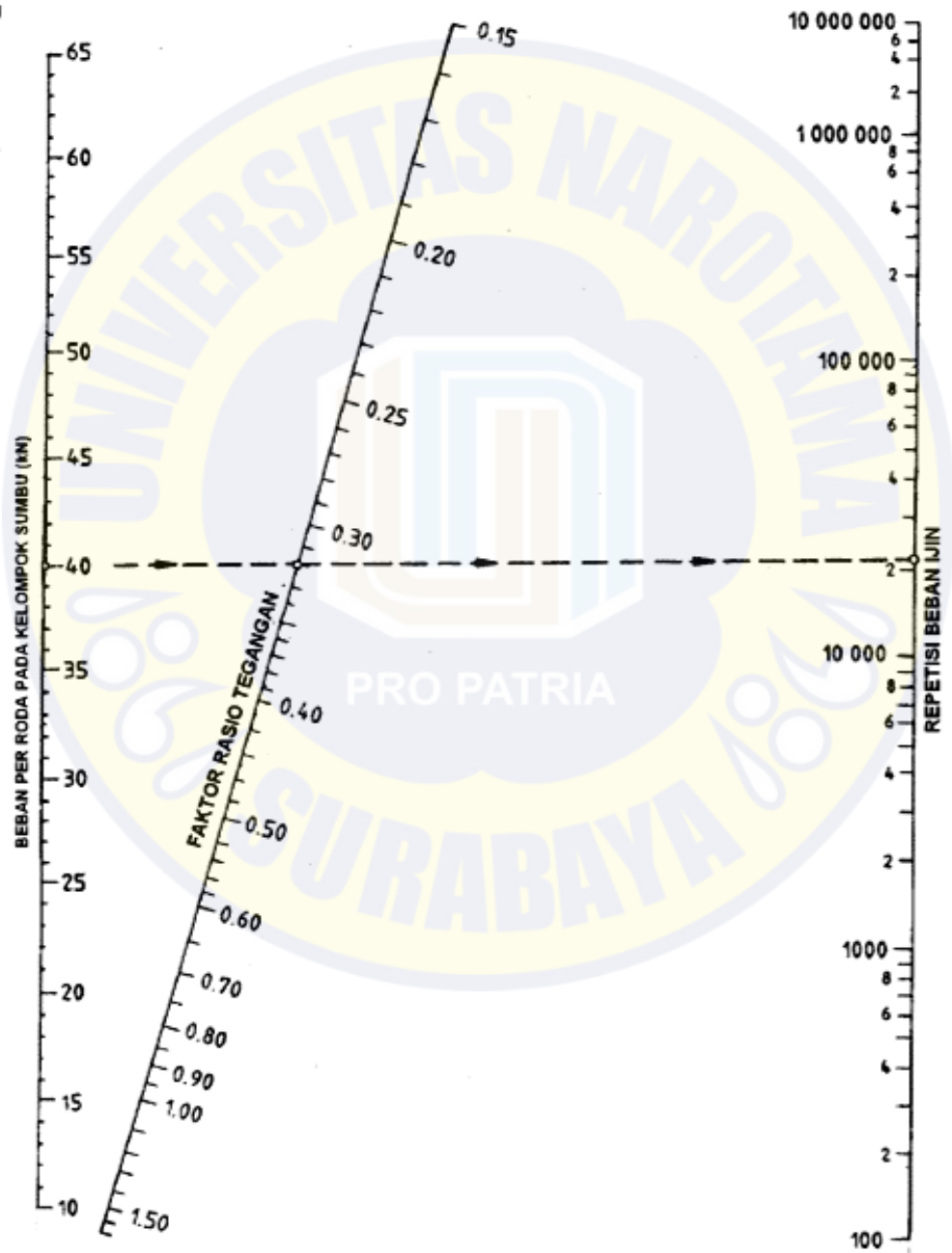


330.00	5.00	0.42	0.74	0.71	0.51	1.47	2.07	2.35	2.46	1.22	1.82	2.07	2.25
330.00	10.00	0.41	0.71	0.65	0.48	1.44	2.05	2.29	2.38	1.19	1.79	2.02	2.17
330.00	15.00	0.41	0.69	0.63	0.46	1.42	2.03	2.26	2.34	1.17	1.77	1.99	2.13
330.00	20.00	0.40	0.68	0.62	0.46	1.42	2.02	2.24	2.31	1.17	1.77	1.97	2.11
330.00	25.00	0.40	0.67	0.60	0.45	1.41	2.01	2.21	2.29	1.16	1.76	1.95	2.08
330.00	35.00	0.39	0.64	0.57	0.43	1.39	1.99	2.17	2.24	1.14	1.74	1.91	2.02
330.00	50.00	0.39	0.61	0.53	0.41	1.37	1.97	2.13	2.18	1.12	1.72	1.87	1.96
330.00	75.00	0.39	0.59	0.51	0.39	1.35	1.95	2.06	2.10	1.10	1.70	1.80	1.88
340.00	5.00	0.40	0.71	0.69	0.49	1.44	2.04	2.33	2.44	1.18	1.78	2.05	2.23
340.00	10.00	0.39	0.68	0.64	0.47	1.41	2.02	2.26	2.36	1.16	1.76	1.99	2.15
340.00	15.00	0.39	0.66	0.61	0.45	1.39	2.00	2.23	2.32	1.15	1.75	1.96	2.11
340.00	20.00	0.38	0.65	0.60	0.44	1.39	1.99	2.21	2.29	1.14	1.74	1.94	2.09
340.00	25.00	0.38	0.64	0.58	0.43	1.38	1.98	2.19	2.27	1.13	1.73	1.92	2.06
340.00	35.00	0.37	0.62	0.55	0.41	1.36	1.96	2.15	2.22	1.11	1.71	1.88	2.00
340.00	50.00	0.37	0.59	0.52	0.39	1.34	1.94	2.10	2.16	1.08	1.69	1.84	1.94
340.00	75.00	0.37	0.57	0.49	0.38	1.32	1.92	2.05	2.08	1.06	1.67	1.79	1.86
350.00	5.00	0.38	0.69	0.67	0.47	1.41	2.01	2.31	2.43	1.15	1.75	2.02	2.21
350.00	10.00	0.37	0.65	0.62	0.45	1.38	1.98	2.24	2.35	1.13	1.73	1.97	2.13
350.00	15.00	0.37	0.63	0.59	0.44	1.36	1.96	2.21	2.30	1.11	1.71	1.94	2.09
350.00	20.00	0.36	0.62	0.58	0.43	1.36	1.96	2.19	2.28	1.10	1.70	1.92	2.07
350.00	25.00	0.36	0.61	0.56	0.42	1.35	1.95	2.17	2.25	1.09	1.69	1.90	2.04
350.00	35.00	0.36	0.59	0.53	0.40	1.33	1.93	2.13	2.19	1.07	1.67	1.86	1.98
350.00	50.00	0.36	0.57	0.50	0.38	1.31	1.91	2.08	2.14	1.05	1.65	1.81	1.92

LAMPIRAN 3 : ANALISA FATIGUE & BEBAN REPETISI IJIN

Analisa fatigue dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan atau tanpa bahu beton

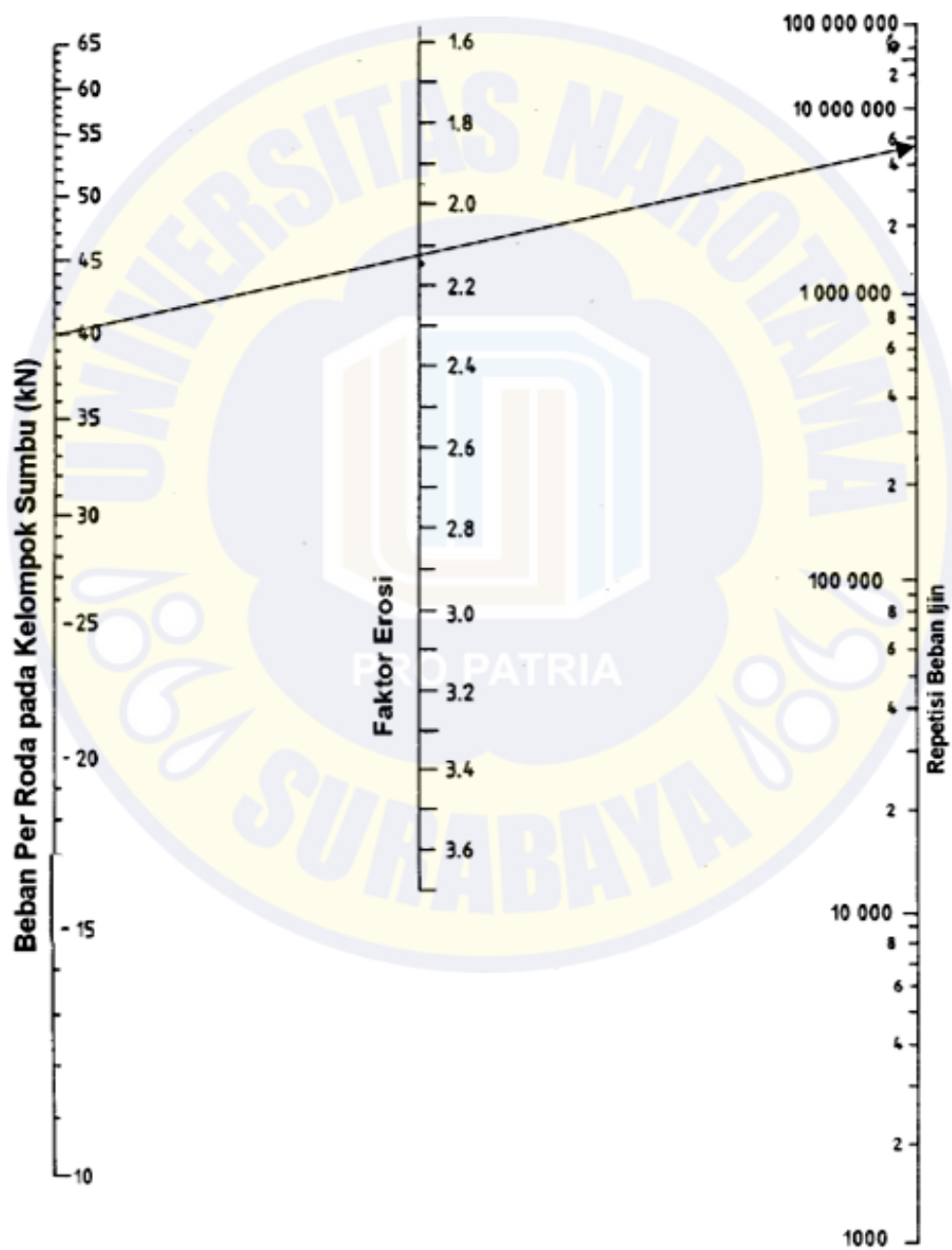
Sumber : Pd T-14-2003



LAMPIRAN 4 : ANALISA EROSI & JUMLAH REPETISI BEBAN

Analisa erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton

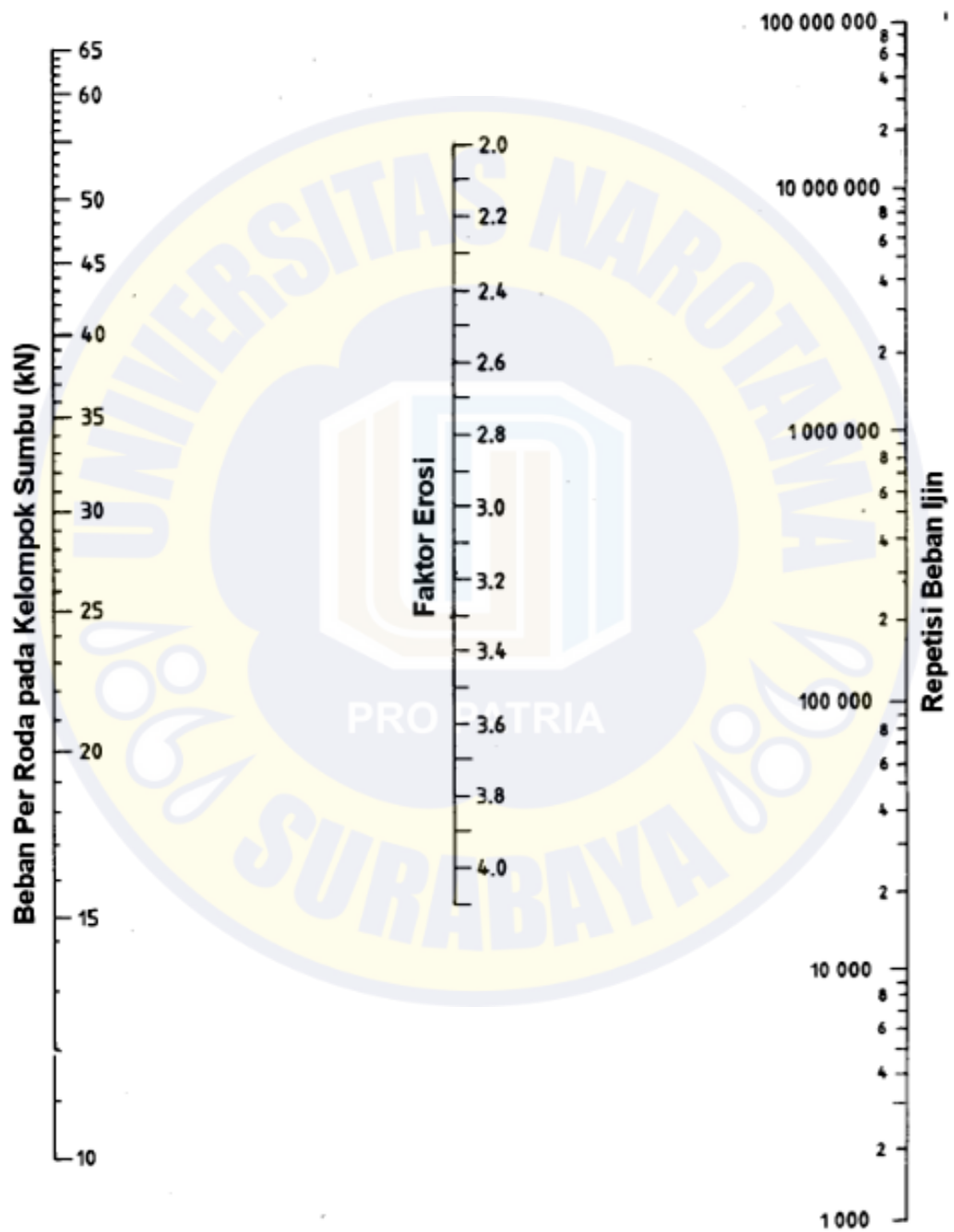
Sumber : Pd T-14-2003



LAMPIRAN 4 : ANALISA EROSI & JUMLAH REPETISI BEBAN

Analisa erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton

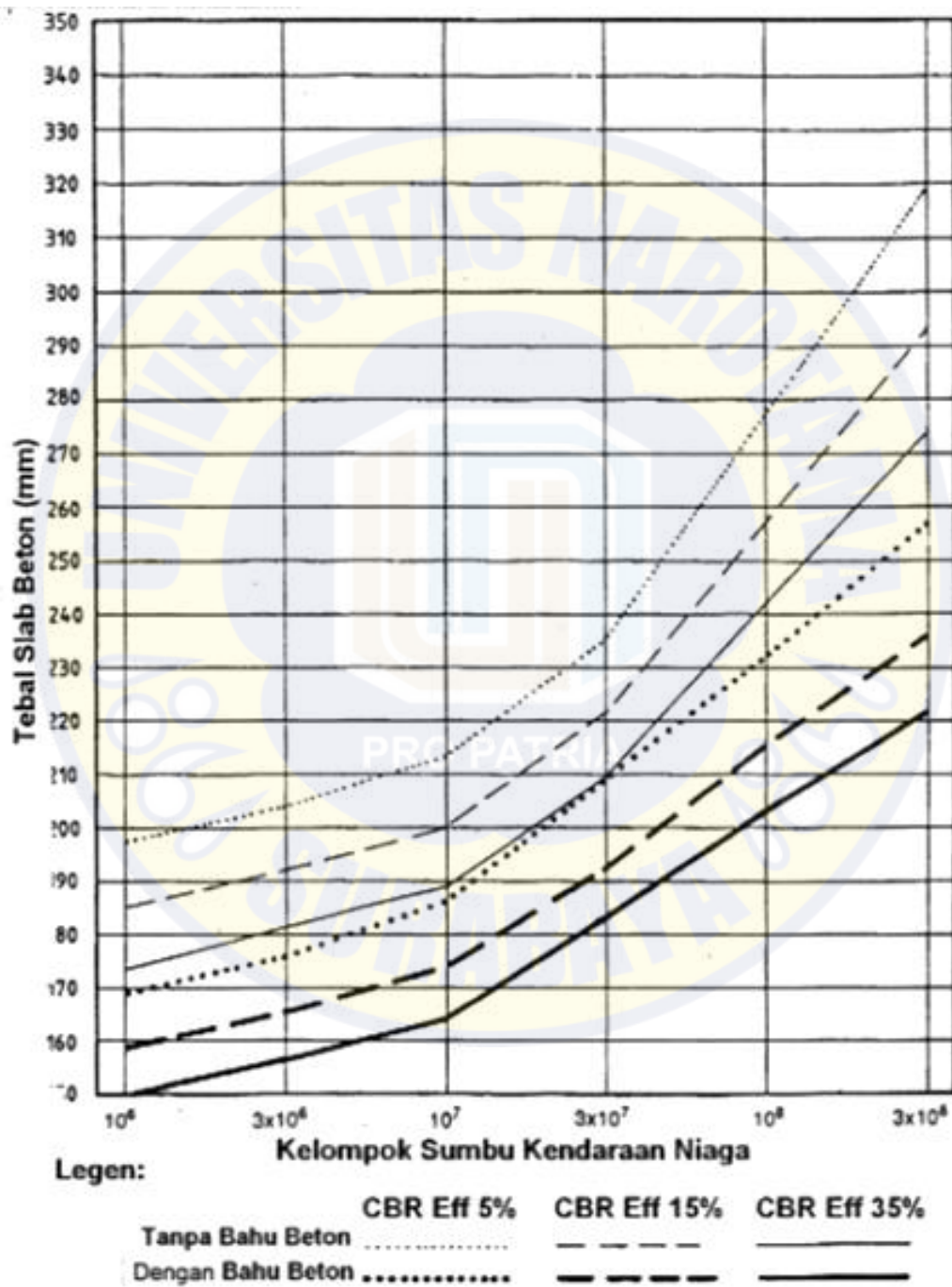
Sumber : Pd T-14-2003



LAMPIRAN 5 : GRAFIK PERENCANAAN LALU – LINTAS

Contoh Grafik Perencanaan, Lalu – Lintas Dalam Kota, Tanpa Ruji. FK = 1.1

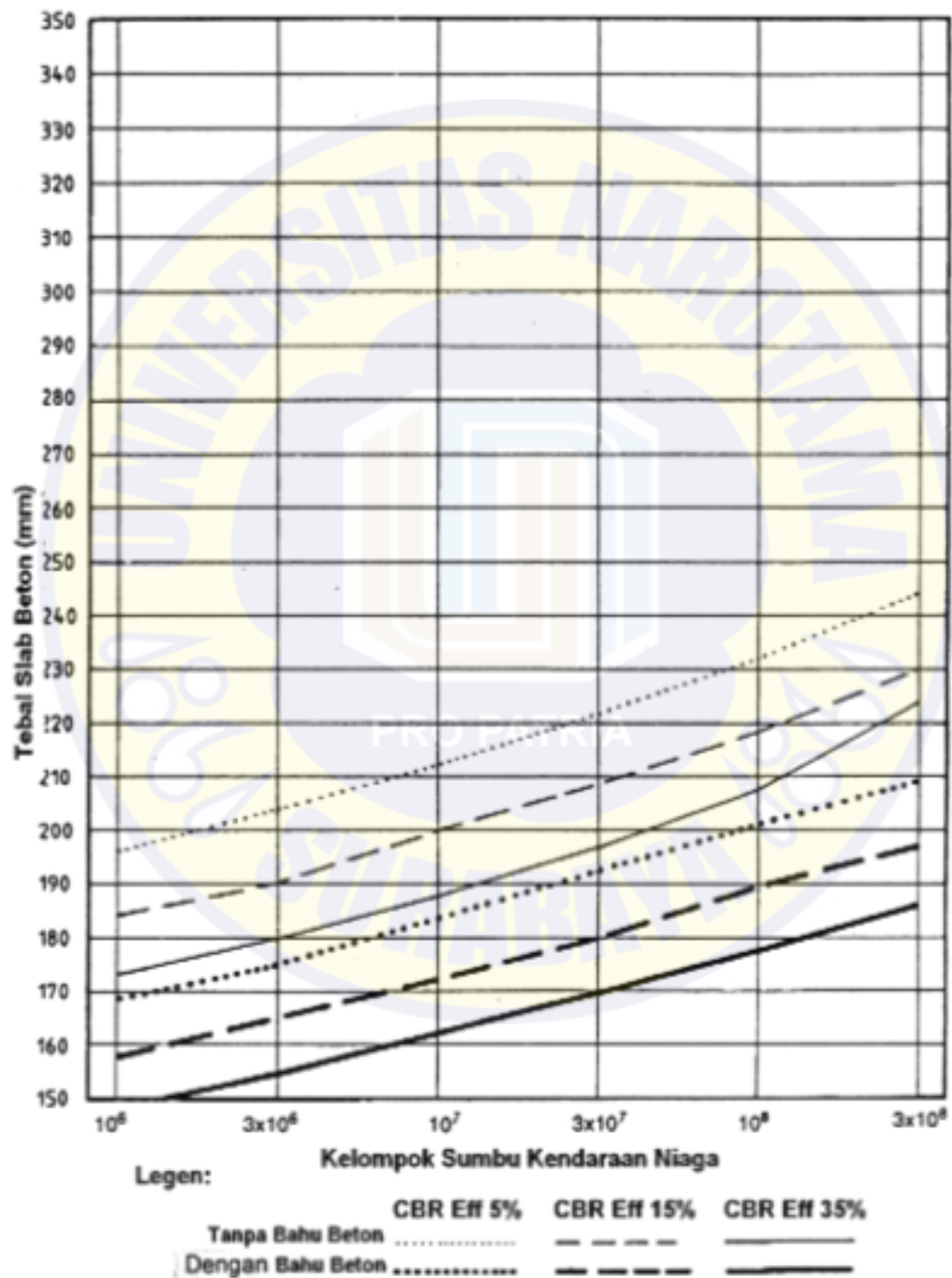
Sumber : Pd T-14-2003



LAMPIRAN 5 : GRAFIK PERENCANAAN LALU – LINTAS

Contoh Grafik Perencanaan, Lalu – Lintas Dalam Kota, Dengan Ruji. FK = 1.1

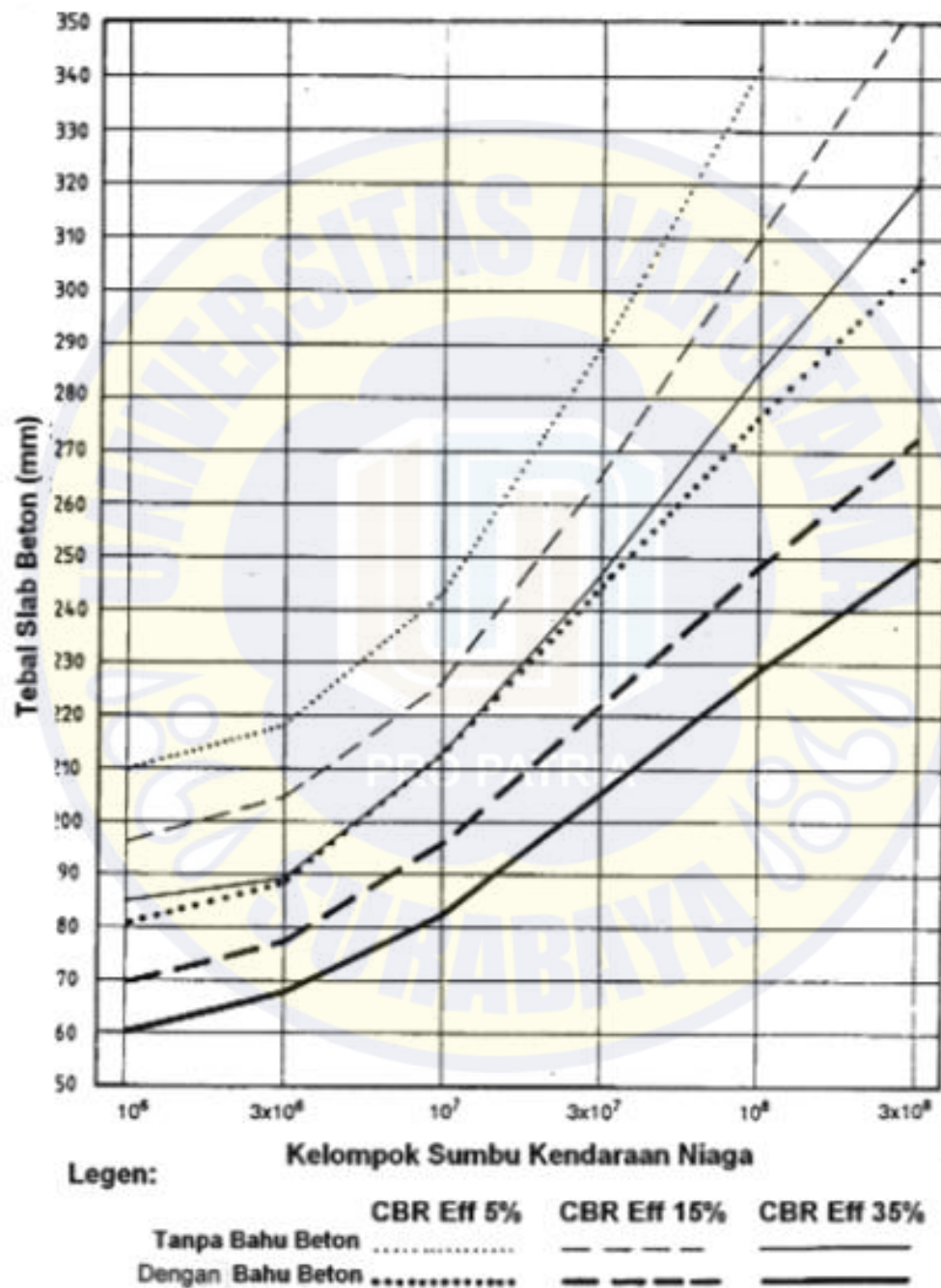
Sumber : Pd T-14-2003



LAMPIRAN 5 : GRAFIK PERENCANAAN LALU – LINTAS

Contoh Grafik Perencanaan, Lalu – Lintas Luar Kota, Tanpa Ruji. FK = 1.1

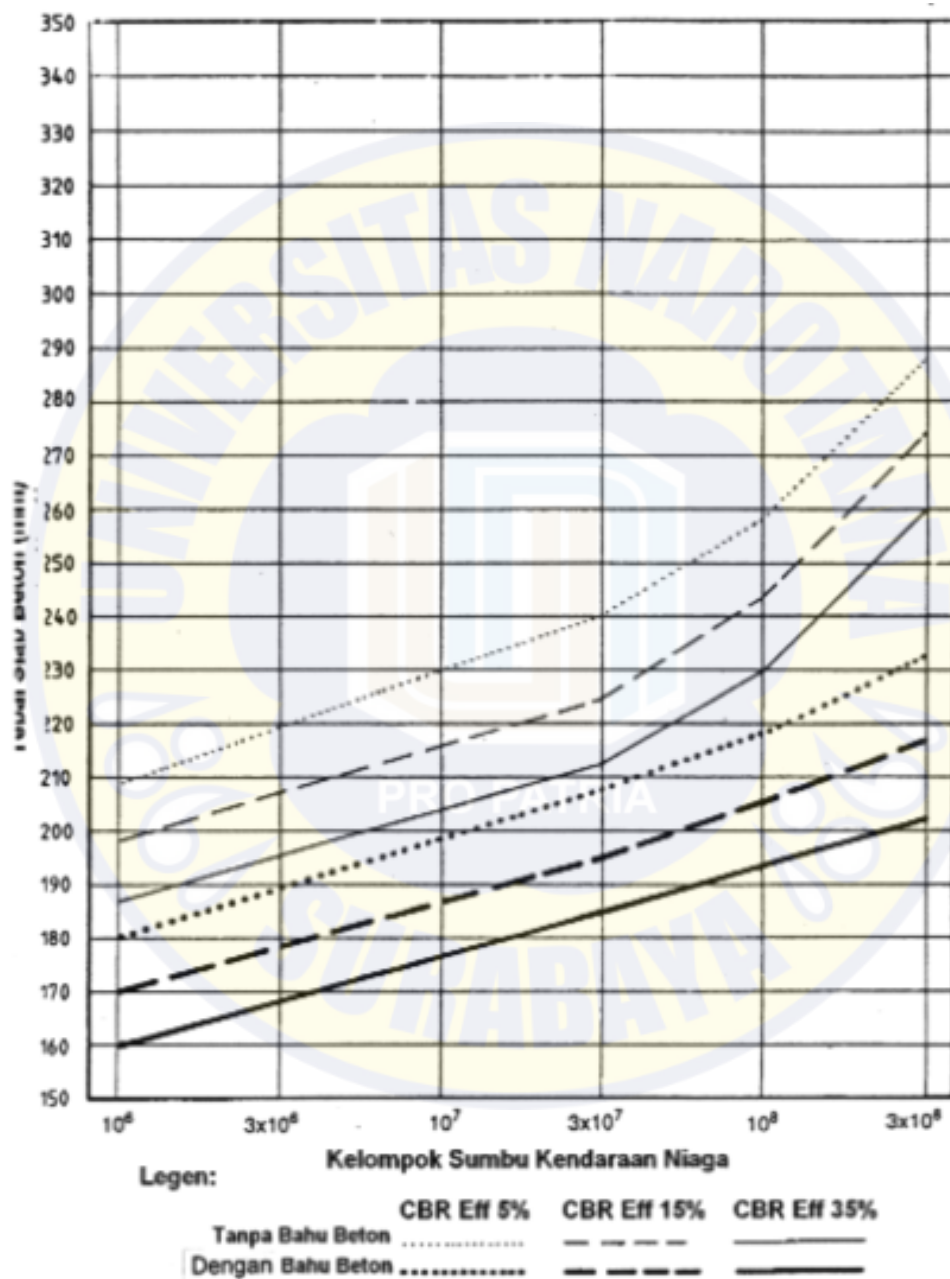
Sumber : Pd T-14-2003



LAMPIRAN 5 : GRAFIK PERENCANAAN LALU – LINTAS

Contoh Grafik Perencanaan, Lalu – Lintas Luar Kota, Dengan Ruji. FK = 1.1

Sumber : Pd T-14-2003



Design Pavement NAASRA

- 6. PONDASI**
- 7. TEGANGAN PERKERASAN**
- 8. TIE BAR**



LAMPIRAN 6 : PONDASI

Pondasi Bawah minimum yang diperlukan untuk Perkerasan Kaku

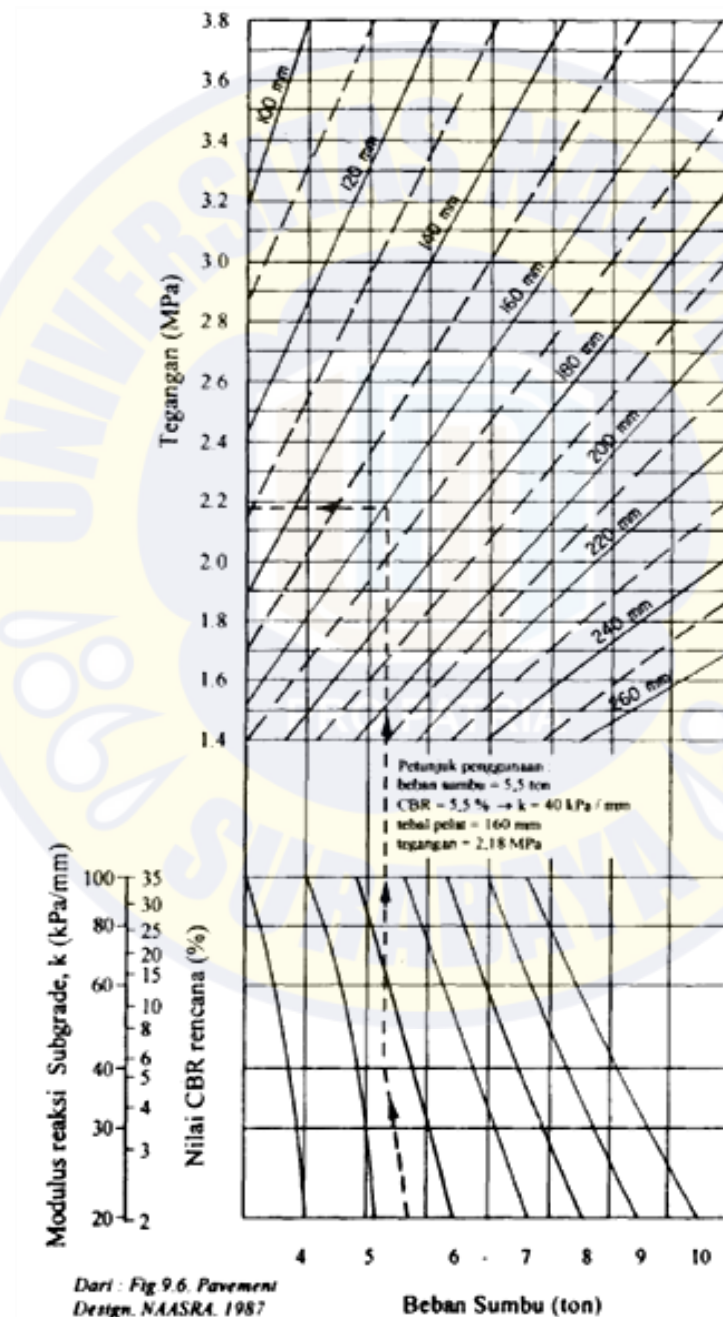
Sumber : *Design Pavement* NAASRA. Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya
(Shirley L. Hendarsin, 2008)



LAMPIRAN 7 : TEGANGAN PERKERASAN

Grafik Perencanaan Untuk STRT

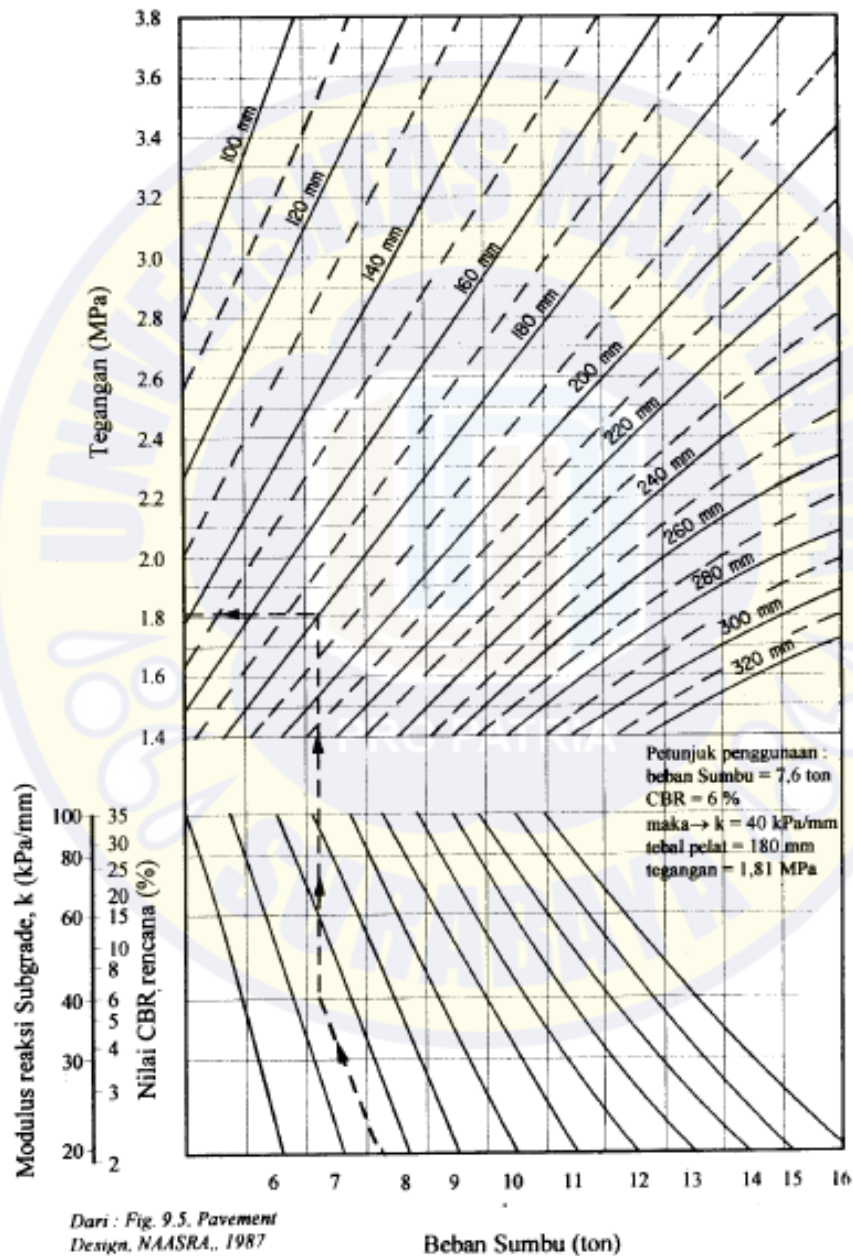
Sumber : NAASRA, 1987. Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya (Shirley L. Hendarsin, 2008)



LAMPIRAN 7 : TEGANGAN PERKERASAN

Grafik Perencanaan Untuk STRG

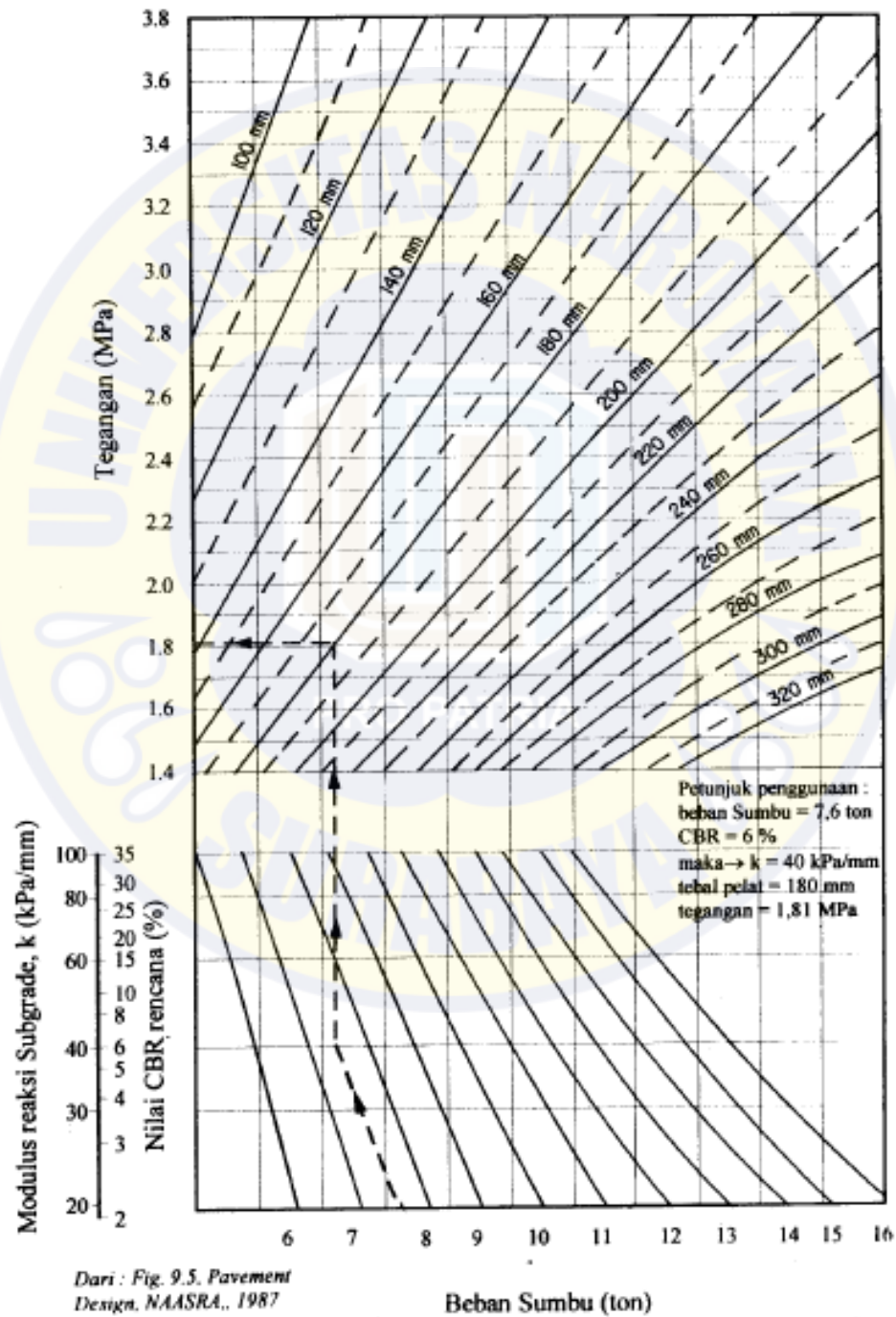
Sumber : NAASRA, 1987. Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya (Shirley Hendarsin, 2008)



LAMPIRAN 7 : TEGANGAN PERKERASAN

Grafik Perencanaan Untuk SGRG

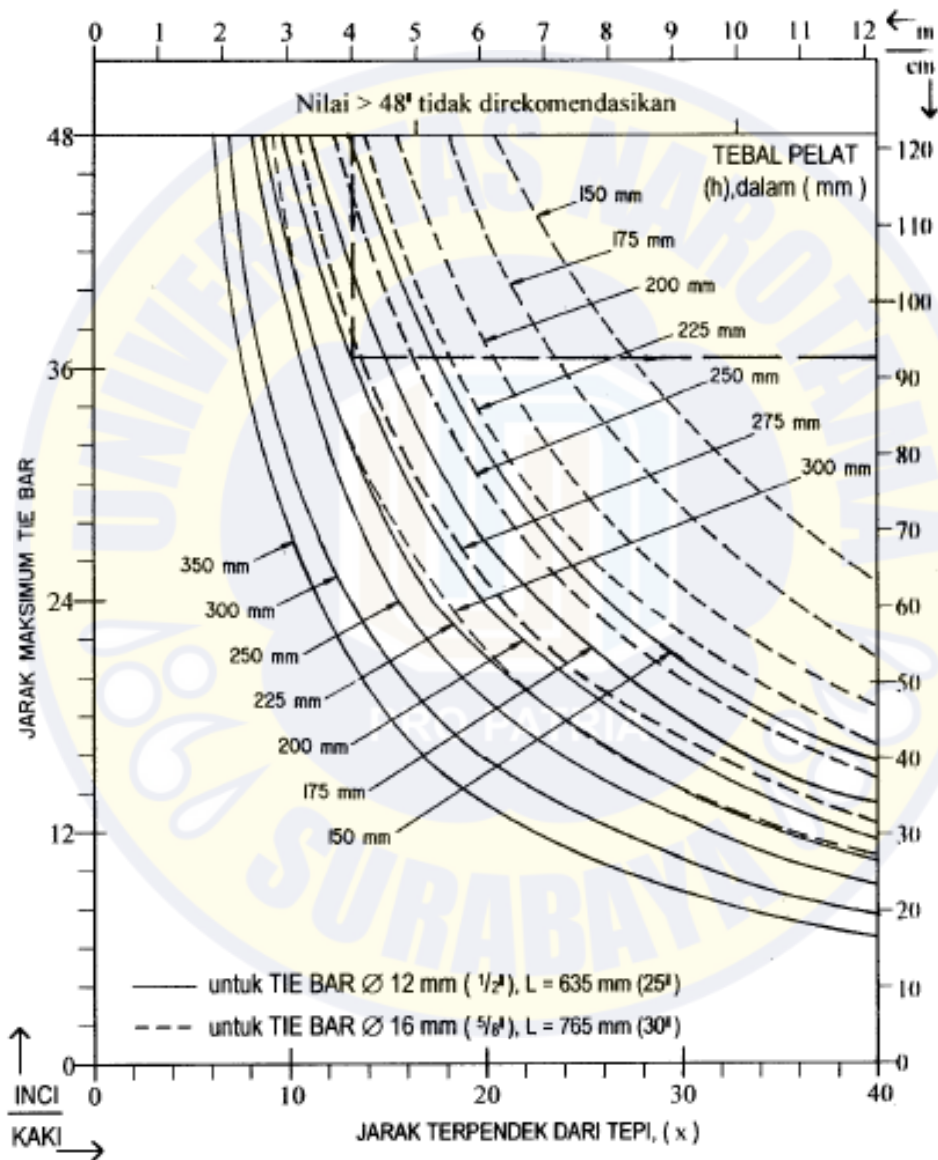
Sumber : NAASRA, 1987. Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya, (Shirley Hendarsin, 2008)



LAMPIRAN 7 : TIE BAR

Penentuan Jarak Maksimum Tie Bar

Sumber : NAASRA, 1987. Ibid : Perencanaan Teknik Jalan Raya, (Shirley Hendarsin, 2008)

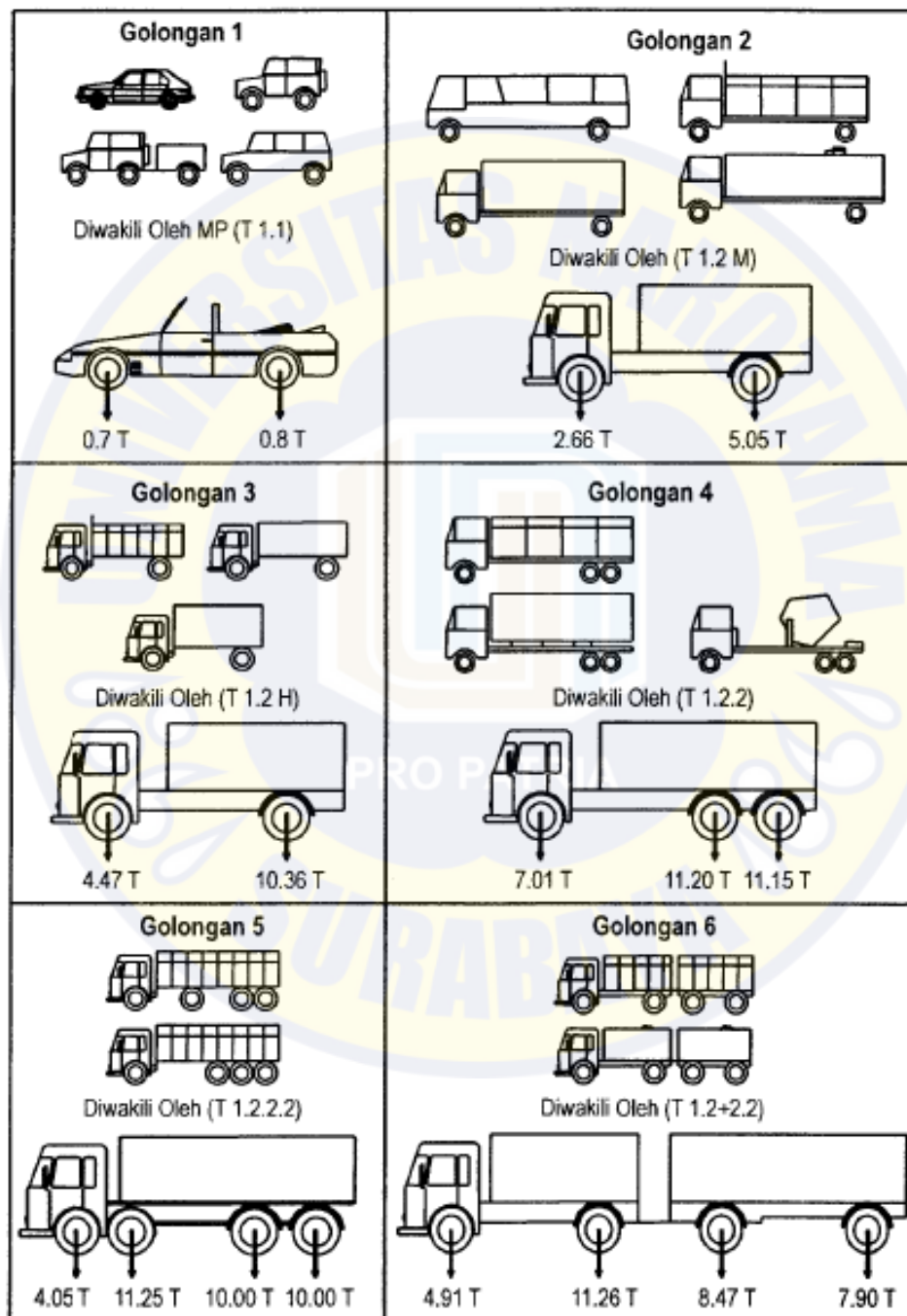


***KONFIGURASI SUMBU
KENDARAAN***

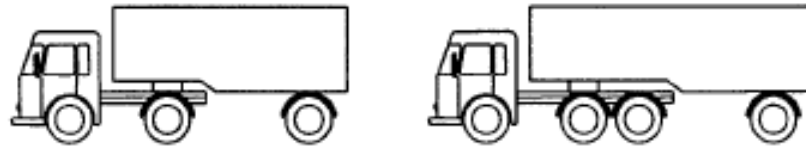


LAMPIRAN 8 : KONFIGURASI SUMBU KENDARAAN

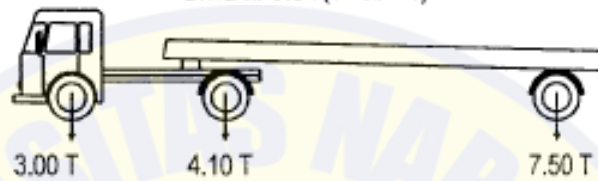
Sumber : PUSTRANS JALAN. Ibid : Perkerasan Jalan Beton Semen (Ari Suryawan, 2006)



Golongan 7



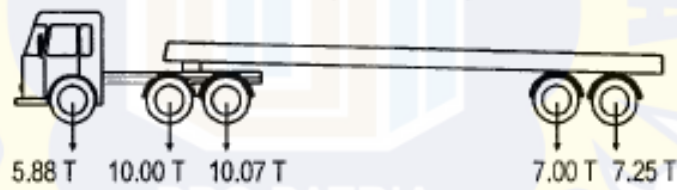
Diwakili Oleh (T 1.2 + 2)



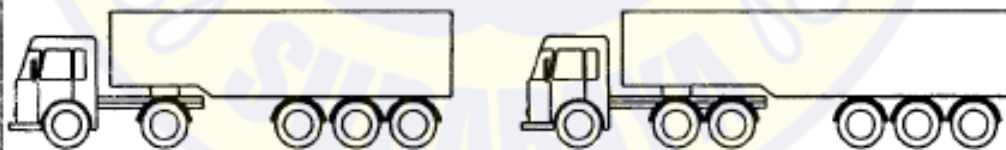
Golongan 8



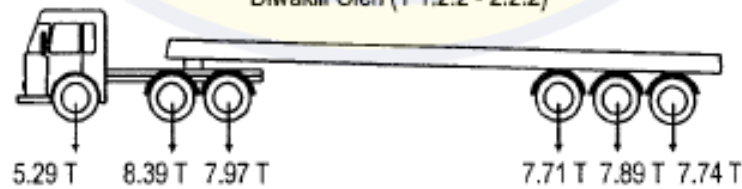
Diwakili Oleh (T 1.2.2 + 2.2)



Golongan 9



Diwakili Oleh (T 1.2.2 - 2.2.2)



PROGRAM EXCEL



PERHITUNGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 02/M/BM/2013

Menghitung mutu beton

MUTU BETON RENCANA				
	400 Kg / cm ²			
$f'_c = 400/10^{0.83}$	33.2 Mpa	>	30 Mpa	OK
$f_r = 0.62 \cdot \sqrt{(33.2)}$	3.57241 Mpa	>	3.5 Mpa	BOLEH DIGUNAKAN
FK (Faktor Keamanan)	1.1			
FAKTOR PERTUMBUHAN LALU LINTAS				
Tahap I (sampai 2021) =	(2021 - Tahun Perencanaan) = 2021 - 2017 =		4	
Tahap II (2022 dst) =	Umr Rencana - Tahap I = 30 - 4 =		26	
<i>lihat Tabel 4.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk desain</i>				
Untuk Jalan	ARTERI			
Dari tabel 4.2 didapat				
i1 (tahap I sampai 2021) =	7 %			
i2 (tahap II mulai 2022) =	5 %			
i design =	(Tahap I * i1 + Tahap II * i2) / UR =		(4 * 0.07 + 26 * 0.05) / 30	
i design =	5.3%			
	0.05267			

Menghitung faktor pengali pertumbuhan lalu – lintas

FAKTOR PENGALI PERTUMBUHAN LALU LINTAS	
$(1+0.01^i)^n - 1$	$((1+0.01^{0.0526666666666667})^{30}) - 1$
	0.01592
$0.01 \cdot i$	$0.01 \cdot 0.0526666666666667$
	0.00053
R	$0.0159212545552725 / 0.000526666666666667$
	30.2302
JSKN	$365 \times \text{JSKNH} \times R$
	$365 \cdot 2833 \cdot 30.2302301682389$
	$3.1E+07$ buah
JSKN Rencana	$31259418.3543166 \cdot 0.4$
	$1.3E+07$

Menghitung beban sumbu kendaraan

PERHITUNGAN BEBAN SUMBU BERDASARKAN JENIS DAN BEBANNYA																	
NO.	JENIS KENDARAAN	BERAT KENDARAAN	KONFIGURASI BEBAN SUMBU (TON)				Jmlh Kendaraan	Jmlh Sumbu per Kend.	Jmlh Sumbu	STRT	STRG	STdRG	STrRG				
	(1)	(2)	RD	RB	RGD	RGB	(4)	(5)	(6)	BS (ton) JS (tk)	BS (ton) JS (tk)	BS (ton) JS (tk)	BS (ton) JS (tk)				
1	Mobil Penumpang	1.5	0.7	0.8			0	2	0	0.7 0	0.8 0						
2	Bus Besar	7.71	2.66	5.05			344	2	688	2.66 344	5.05 344						
3	Truk 2 sumbu - berat	14.83	4.47	10.36			185	2	370	4.47 185	10.36 185						
4	Truk 3 sumbu - ringan	14.6	3.00	11.60			210	3	630	3.00 210		11.60 210					
5	Truk 3 sumbu - berat	29.36	7.01	22.35			73	3	219	7.01 73			22.35 73				
6	Truk 4 sumbu	35.3	4.05	11.25	20.00		51	4	204	4.05 51	11.25 51						
7	Truk gandeng	32.54	4.91	11.26	8.47	7.90	64	4	256	4.91 64	11.26 64						
8	Truk 5 sumbu	40.2	5.88	20.07	14.25		56	5	280	5.88 56		20.07 56					
9	Truk 6 sumbu	44.99	5.29	16.36	23.34		31	6	186	5.29 31		16.36 31	23.34 31				
									2833	1014	823	383	104				
PERHITUNGAN REPETISI SUMBU YANG TERJADI																	
NO.	JENIS SUMBU	BEBAN SUMBU (ton)	JUMLAH SUMBU	PROPORSI BEBAN	PROPORSI SUMBU	LALU LINTAS RENCANA	REPETISI YANG TERJADI										
		0.7	0	0.00	0.36	1.25E+07	0.00										
		0.8	0	0.00	0.36	1.25E+07	0.00										
		2.66	344	0.34	0.36	1.25E+07	1518283.08										
		4.47	185	0.18	0.36	1.25E+07	816518.52										
		3.00	210	0.21	0.36	1.25E+07	926858.86										
		7.01	73	0.07	0.36	1.25E+07	322193.79										
		4.05	51	0.05	0.36	1.25E+07	225094.29										
		4.91	64	0.06	0.36	1.25E+07	282471.27										
		5.88	56	0.06	0.36	1.25E+07	247162.36										
		5.29	31	0.03	0.36	1.25E+07	136822.02										
	TOTAL		1014	1.00													
		11.60	210	0.59	0.12	1.25E+07	926858.86										
		20.07	56	0.16	0.12	1.25E+07	247162.36										
		14.25	56	0.16	0.12	1.25E+07	247162.36										
		16.36	31	0.09	0.12	1.25E+07	136822.02										
	TOTAL		353	1.00													
		22.35	73	0.70	0.04	1.25E+07	322193.79										
		23.34	31	0.30	0.04	1.25E+07	136822.02										
	TOTAL		104	1.00			1518283.08										

Menghitung jumlah repetisi yang terjadi

F99 REPETISI YANG TERJADI																
PERHITUNGAN REPETISI SUMBU YANG TERJADI																
NO.	JENIS SUMBU	BEBAN SUMBU (ton)	JUMLAH SUMBU	PROPORSI BEBAN	PROPORSI SUMBU	LALU LINTAS RENCANA	REPETISI YANG TERJADI									
1	STRT	0.7	0	0.00	0.36	1.25E+07	0.00									
		0.8	0	0.00	0.36	1.25E+07	0.00									
		2.66	344	0.34	0.36	1.25E+07	1518283.08									
		4.47	185	0.18	0.36	1.25E+07	816518.52									
		3.00	210	0.21	0.36	1.25E+07	926858.86									
		7.01	73	0.07	0.36	1.25E+07	322193.79									
		4.05	51	0.05	0.36	1.25E+07	225094.29									
2	STRG	4.91	64	0.06	0.36	1.25E+07	282471.27									
		5.88	56	0.06	0.36	1.25E+07	247162.36									
		5.29	31	0.03	0.36	1.25E+07	136822.02									
		TOTAL		1014	1.00											
		5.05	344	0.42	0.29	1.25E+07	1518283.08									
		10.36	185	0.22	0.29	1.25E+07	816518.52									
		11.25	51	0.06	0.29	1.25E+07	225094.29									
3	STdRG	20.00	51	0.06	0.29	1.25E+07	225094.29									
		11.26	64	0.08	0.29	1.25E+07	282471.27									
		8.47	64	0.08	0.29	1.25E+07	282471.27									
		7.90	64	0.08	0.29	1.25E+07	282471.27									
		TOTAL		823	1.00											
		11.60	210	0.59	0.12	1.25E+07	926858.86									
		20.07	56	0.16	0.12	1.25E+07	247162.36									
4	STrRG	14.25	56	0.16	0.12	1.25E+07	247162.36									
		16.36	31	0.09	0.12	1.25E+07	136822.02									
		TOTAL		353	1.00											
		22.35	73	0.70	0.04	1.25E+07	322193.79									
		23.34	31	0.30	0.04	1.25E+07	136822.02									
		TOTAL		104	1.00		10124529.61									

[illegible]

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Times New Roman - 12

Wrap Text

General

Conditional Formatting

Format

Cell

Insert

Delete

Format

Cells

AutoSum

Fill

Clear

Sort & Filter

Find & Select

Editing

C26

=("11,76"*(&C10&"**"&C7&"**"&C6&""))/"&C9

1 PENULANGAN PADA PERKERASAN BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN

2 Luas tulangan pada perkerasan ini dihitung dari persamaan sebagai berikut:

3

4

5 Drencanakan

6 Tebal pelat beton

7 Lebar pelat

8 Panjang pelat

9 fs

10 F

11 As

12

13 1) Tulangan Memanjang

14 As

15

16

17

18 Luas tulangan minimum As

19 As min

20

21

22 Digunakan tulangan Ø 12 - 300 mm

23 As

24

240 mm

15 m (untuk 3 lajur)

30 m (jarak antar sambungan)

230 Mpa (tegangan tarik baja ijin (Mpa) (±230 Mpa))

1.2 sirtu

0.1 %

P dT-14-2003

11,76 (F.L.h) / fs

(11,76*(1*30*240)/230)

441.767 mm2 / m lebar

0.1 %

P dT-14-2003

0.1/100*240*1000

240 mm2/m lebar

377 mm2/m lebar

Table 2.18 Koefisien Gesek antara pelat beton semen dengan

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
BURTU, LAPEN, dan konstruksi sejenis	2.2
Aspal Beton, LATASTON	1.8
Stabilisasi kapur	1.8
Stabilisasi aspal	1.8
Stabilisasi semen	1.8
Koral sungai	1.5
Batu pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

Penulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan

C37																
=("(&\$C\$17&"*2)/("(&\$C\$15&"*("(&\$C\$32&"*2)**&\$C\$34&"**&ROUNDUP(\$C\$36,2)&"*("(&\$C\$61&"(0.0005**&\$C\$13&"-)&\$C\$17&"))**																
28	Dicoba dengan tulangan	D19-200mm														
29	Q	:	19 mm	200 mm												
30	As	:	1418 mm ²	tabel												
31	p	:	1418/(240*1000)													
32		:	0.01													
33	u	:	4/(19/1000)													
34		:	210.53 m-1													
35	fb	:	(0.79/(19/10))*SQRT(34)													
36		:	2.448999796 Mpa													
37	Lcr	:	(1.85^2)/(7.39*(0.01^1.5)*210.53*2.45*((0.0005*27061.14)-1.85)													
38		:	0.768352648 m													
39		:	0.77 m													
40		:	0.77m < 2m													
41																
42	b) Tulangan Melintang															
43	tulangan melintang yang digunakan dari persamaan															
44	As	:	(11.76*(1.2*15*240))/230													
45		:	220.8834783 mm ² /m lebar													
46																
47	Digunakan tulangan Ø 8 - 225 mm															
48	As	:	223 mm ² /m lebar													
49																
50																

Dowel

D26													
=VLOOKUP(tplat,Dowel,2)													
7	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
8		Tipe Jalan (Arah) =		2	ARAH								
9		UR (Umur Rencana) =		30	TAHUN								
10		Tahun Perencanaan =		2017									
11		Kelandaian Rata-rata =		6	%								
12		Kondisi Iklim =		750	mm (curah hujan rata-rata pertahun								
13		Rencana Jenis Perkerasan =		KAKU (RIGID PAVEMENT)									
14		Sumber =		MDPJ 02/M/BM/2013									
15		MUTU BETON RENCANA		400	Kg / cm2								
16		PENULANGAN PADA PERKERASAN BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN											
17		Tebal pelat beton =		240	mm								
18		Lebar pelat =		15	m (untuk 3 lajur)								
19		Panjang pelat =		30	m (jarak antar sambungan)								
20		fs =		230	Mpa (tegangan tarik baja ijin (Mpa								
21		F =		1.2	sirtu								
22		As =		0.1	%	P dT-14-2003							
23													
24		DOWEL (lihat tabel Dowel, pada Sheet "Dowel")											
25		Diameter		32	mm								
26		Panjang		450	mm								
27		Jarak		300	mm								
28													
29													

PERHITUNGAN METODE DESIGN PAVEMENT NAASRA

Menghitung mutu beton

G17															
13	MUTU BETON RENCANA	400 Kg / cm ²													
14		$f_c' = 400/10^{*}0,83$													
15		33.2 Mpa	>	30 Mpa	OK										
16		$f_r = 0.62*\sqrt{(33.2)}$													
17		3.572405352 Mpa	>	3.5 Mpa	BOLEH DIGUNAKAN										
18	FK (Faktor Keamanan) =	1.1													
19	FAKTOR PERTUMBUHAN LALU LINTAS														
20															
21															
22	Tahap I (sampai 2021) =	(2021 - Tahun Perencanaan) = 2021 - 2017 =			4										
23	Tahap II (2022 dst) =	Umur Rencana - Tahap I = 30 - 4 =			26										
24	<i>lihat Tabel 4.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk desain</i>														
25	Untuk Jalan	ARTERI													
26	Dari tabel 4.2 didapat														
27	i1 (tahap I sampai 2021) =	7 %													
28	i2 (tahap II mulai 2022) =	5 %													
29															
30	i design =	(Tahap I * i1 + Tahap II * i2)/UR =			(4*0.07+26*0.05)/30										
31	i design =	5.3%													
32		0.052666667													
33															
34															

Menghitung faktor pengali pertumbuhan lalu – lintas

Microsoft Excel - RigidPavementOK NAASRA.xlsm															
19															
20	FAKTOR PERTUMBUHAN LALU LINTAS														
21															
22	Tahap I (sampai 2021) =	(2021 - Tahun Perencanaan) = 2021 - 2017 =			4										
23	Tahap II (2022 dst) =	Umur Rencana - Tahap I = 30 - 4 =			26										
24	<i>lihat Tabel 4.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk desain</i>														
25	Untuk Jalan	ARTERI													
26	Dari tabel 4.2 didapat														
27	i1 (tahap I sampai 2021) =	7 %													
28	i2 (tahap II mulai 2022) =	5 %													
29															
30	i design =	(Tahap I * i1 + Tahap II * i2)/UR =			(4*0.07+26*0.05)/30										
31	i design =	5.3%													
32		0.052666667													
33															
34															
35	FAKTOR PENGALI PERTUMBUHAN LALU LINTAS														
36	(1+i)	1+0.0526666666666667													
37		1.052666667													
38	(1+i) ⁿ	4.66365192													
39		4.66365192													
40	eLOG (1+i)	eLOG(1.06)													
41		0.051326627													
42	R	(4.67-1)/0.06													
43		71.37916754													
44															
45	JSKN	365 x JSKNH x R													
46		365*2535*71.3791675381537													
47		66045359.24 buah													
48															

Menghitung beban lalu lintas rencana

Microsoft Excel - RigidPavementOK NAASRA.xlsm															
		JENIS KENDARAAN		BERAT KENDARAAN (TON)											
24															
25															
26	1	Mobil Penumpang		1.5											
27	2	Bus Besar		7.71											
28	3	Truk 2 sumbu - berat		14.83											
29	4	Truk 3 sumbu - ringan		14.6											
30	5	Truk 3 sumbu - berat		29.36											
31	6	Truk 4 sumbu		35.3											
32	7	Truk gandeng		32.54											
33	8	Truk 5 sumbu		40.2											
34	9	Truk 6 sumbu		44.99											
35															
36		BERAT KENDARAAN													
37	NO.	JENIS KENDARAAN	BERAT KENDARAAN	DEPAN	BELAKANG										
38					ke1	ke2	ke3	ke5							
39	1	Mobil Penumpang	1.5	0.70	0.80			1.50	1.50	STRT					
40				STRT	STRT					STRG					
41	2	Bus Besar	7.71	2.66	5.05			7.71	7.71	SGRG					
42				STRT	STRG					SGRG					
43	3	Truk 2 sumbu - berat	14.83	4.47	10.36			14.83	14.83						
44				STRT	STRG										
45	4	Truk 3 sumbu - ringan	14.6	3.00	4.10	7.50		14.60	14.60						
46				STRT	STRG	STRG									
47	5	Truk 3 sumbu - berat	29.36	7.01	22.35			29.36	29.36						
48				STRT	SGRG										
49	6	Truk 4 sumbu	35.3	4.05	11.25	20.00		35.30	35.30						
50				STRT	STRG	SGRG									
51	7	Truk gandeng	32.54	4.91	11.26	8.47	7.90	32.54	32.54						
52				STRT	STRG	STRG	STRG								
53	8	Truk 5 sumbu	40.2	5.88	20.07	14.35		40.20	40.20						
54				STRT	SGRG	SGRG									
55	9	Truk 6 sumbu	44.99	5.29	16.36	7.71	15.63	44.99	44.99						
56				STRT	SGRG	STRG	SGRG								
57															
58															

Microsoft Excel - RigidPavementOK NAASRA.xlsm															
a. Jumlah sumbu kendaraan niaga															
No	URAIAN	Konfigurasi Sumbu	DEPAN	BEBAN SUMBU (TON)		DEPAN	DEPAN	SUMBU	JUMLAH KENDARAAN	JUMLAH SUMBU					
			2	3	4										
1	Mobil Penumpang		0.70	0.80				2	0	0					
2	Bus Besar		2.66	5.05				2	944	988					
3	Truk 2 sumbu - berat		4.47	10.36				2	185	370					
4	Truk 3 sumbu - ringan		3.00	4.10	7.50			3	210	630					
5	Truk 3 sumbu - berat		7.01	22.35				2	73	146					
6	Truk 4 sumbu		4.05	11.25	20.00			3	51	153					
7	Truk 4 sumbu		4.91	11.26	8.47	7.90		4	64	256					
8	Truk 5 sumbu		5.88	20.07	14.35			3	56	168					
9	Truk 6 sumbu		5.29	16.36	7.71	15.63		4	31	124					
	TOTAL								104	2535					
Sumber: PESTANIS-JALAN pada Januari 2002 pada ruas jalan Pantura (Palar BP-02)															
	KONFIGURASI SUMBU	BEBAN SUMBU (TON)	Presentase Konfigurasi Sumbu (K) (Jumlah Kendaraan x Jumlah Sumbu)	Jumlah Repetisi Selama Usia Rencana (JSKN x 2) (Jumlah Sumbu)											
1	STRT	0.70	0.000%	0											
2	STRT	2.66	13.570%	3594347											
3	STRT	4.47	7.280%	1577851											
4	STRT	3.00	0.284%	2188485											
5	STRT	7.01	2.880%	780753											
6	STRT	4.05	2.012%	531489											
7	STRT	4.91	2.525%	666367											
8	STRT	5.88	2.209%	583536											
9	STRT	5.29	1.223%	323062											
10	STRT	0.80	0.000%	0											
11	STRG	5.05	13.570%	3594347											
12	STRG	10.36	7.280%	1577851											
13	STRG	4.10	0.284%	2188485											
14	SGRG	22.35	2.880%	780753											
15	STRG	11.25	2.012%	531489											
16	STRG	11.26	2.525%	666367											
17	SGRG	20.07	2.209%	583536											
18	SGRG	16.36	1.223%	323062											
19	STRG	7.50	0.284%	2188485											
20	SGRG	20.00	2.012%	531489											
21	STRG	8.47	2.525%	666367											
22	SGRG	14.35	2.209%	583536											
23	STRG	7.71	1.223%	323062											
24	STRG	7.30	2.525%	666367											
25	SGRG	15.63	1.223%	323062											
	JMLAH		100%												

Menghitung persentase fatigue

G27										
=IF(D27<10,0,teg(SM56,D27,SM57,C27))										
NO	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana (FK)	Repetisi Beban	Tegangan yang Terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban Yang Diduplikasi	Persentase Fatigue (%)	
1	Mobil Pemumpang	STRT	0.70	0.77	0.00	0.00	0.00	1E+20	0.00	
2	Bus Besar	STRT	2.66	2.93	3584947.31	0.00	0.00	1E+20	0.00	
3	Truk 2 sumbu - berat	STRT	4.47	4.92	1927951.32	1.02	0.29	1E+20	0.00	
4	Truk 3 sumbu - ringan	STRT	3.00	3.30	2188485.28	0.00	0.00	1E+20	0.00	
5	Truk 3 sumbu - berat	STRT	7.01	7.71	760759.17	1.49	0.42	1E+20	0.00	
6	Truk 4 sumbu	STRT	4.05	4.46	531489.28	0.94	0.27	1E+20	0.00	
7	Truk gandeng	STRT	4.91	5.40	666966.94	1.10	0.31	1E+20	0.00	
8	Truk 5 sumbu	STRT	5.88	6.47	583596.07	1.27	0.36	1E+20	0.00	
9	Truk 6 sumbu	STRT	5.29	5.82	323062.11	1.17	0.33	1E+20	0.00	
10	Mobil Pemumpang	STRT	0.80	0.88	0.00	0.00	0.00	1E+20	0.00	
11	Bus Besar	STRG	5.95	5.56	3584947.31	0.00	0.00	1E+20	0.00	
12	Truk 2 sumbu - berat	STRG	10.36	11.40	1927951.32	1.82	0.42	1E+20	0.00	
13	Truk 3 sumbu - ringan	STRG	4.10	4.51	2188485.28	0.00	0.00	1E+20	0.00	
14	Truk 3 sumbu - berat	SGRG	22.35	24.59	760759.17	2.24	0.63	14000	54.34	
15	Truk 4 sumbu	STRG	11.25	12.38	531489.28	1.98	0.56	100000	5.31	
16	Truk gandeng	STRG	11.24	12.29	666966.94	1.98	0.56	100000	8.67	
17	Truk 3 sumbu	SGRG	20.07	22.08	583596.07	2.03	0.57	75000	7.78	
18	Truk 6 sumbu	SGRG	16.36	18.00	323062.11	1.64	0.46	1E+20	0.00	
19	Truk 3 sumbu - ringan	STRG	7.50	8.25	2188485.28	1.27	0.36	1E+20	0.00	
20	Truk 4 sumbu	SGRG	20.00	22.00	531489.28	2.02	0.57	75000	7.09	
21	Truk gandeng	STRG	8.47	9.32	666966.94	0.00	0	1E+20	0.00	
22	Truk 3 sumbu	SGRG	14.25	15.68	583596.07	1.47	0.42	1E+20	0.00	
23	Truk 6 sumbu	STRG	17.1	18.48	323062.11	1.32	0.38	1E+20	0.00	
24	Truk gandeng	STRG	7.90	8.69	666966.94	1.36	0.39	1E+20	0.00	
25	Truk 6 sumbu	SGRG	15.63	17.19	323062.11	1.57	0.45	1E+20	0.00	
Jumlah									81.19	

Penulangan pada perkerasan bersambung dengan tulangan

Microsoft Excel - RigidPavementOK NAASRA.xls										
PENULANGAN PADA PERKERASAN BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN										
Luas tulangan pada perkerasan ini dihitung dari persamaan sebagai berikut :										
Direncanakan :										
Tebal pelat beton :	240 mm									
Lebar pelat :	15 m (untuk 3 lajur)									
Panjang pelat :	30 m (jarak antar sambungan)									
f _s :	230 Mpa (tegangan tarik baja ijin (σ=230 Mpa))									
F :	1.2 sirtu									
As :	0.1 % P dT-14-2003									
1) Tulangan Memanjang										
As :	11.76 (F.L.h) / f _s									
As min :	(11.76*(1.2*30*240))/230									
As :	441.767 mm ² / m lebar									
Luas tulangan minimum As :	0.1 % P dT-14-2003									
As min :	0.1/100*240*1000									
As :	240 mm ² /m lebar									
Digunakan tulangan Ø 12 - 300 mm										
As :	377 mm ² /m lebar									
2) Tulangan Melintang										
As :	(11.76*(1.2*15*240))/230									
As :	221 mm ² /m lebar									
Digunakan tulangan Ø 8 - 225 mm										
As :	223 mm ² /m lebar									

Penulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan

Microsoft Excel - RigidPavementOK NAASRA.xlsm

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	PENULANGAN PADA PERKERASAN MENERUS DENGAN TULANGAN																	
2	a) Presentase Tulangan Memanjang																	
3	Diketahui																	
4	Tebal pelat beton	:	240	m														
5	Lebar pelat	:	15	m														
6	Panjang pelat	:	30	m														
7	fc'	:	33.2	Mpa														
8	fr	:	3.7	Mpa														
9	Es	:	200000	Mpa														
10	Ec	:	4700√fc'															
11		:	4700*(SQRT(33.2))															
12	n	:	27081.14	Mpa														
13		:	7.39															
14	ft	:	0.4 * fr															
15		:	1.85															
16	fy	:	fy < 400	Mpa	BJDTD 40													
17		:	340	Mpa														
18																		
19	Ps	:	100 ft / (fy - n * ft) * (1.3 - 0.2 F)															
20		:	0.600928206	%														
21	Luas tulangan minimum																	
22	As	:	0.001															
23	As min	:	240															
24																		
25																		
26																		
27	Pemeriksaan Jarak Teoritis Antara Retakan																	
28	Dicoba dengan tulangan D19-200mm																	
29	Q	:	19	mm	200	mm												
30	As	:	1418	mm ²	tabel													
31																		

Spasi (mm)	Polos	Deform/ Ulir								
		8	10	12	13	16	19	22	25	29
50	1005	1571	2262	2655	4021	5671	7603	9817	13210	
75	670	1047	1508	1770	2581	3780	5068	6545	88007	
100	503	785	1131	1327	2011	2835	3801	4909	6605	

Dowel

Microsoft Excel - RigidPavementOK NAASRA.xlsm

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
2	Dowel yang disarankan																			
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				

Tebal Pelat Perkerasan	Dowel						
	Diameter		Panjang		Jarak		
inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm
6	150	0.75	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1.25	32	18	450	12	300
10	250	1.25	32	18	450	12	300
11	275	1.25	32	18	450	12	300
12	300	1.5	38	18	450	12	300
13	325	1.5	38	18	450	12	300
14	350	1.5	38	18	450	12	300

dowel yang digunakan

Tebal PLAT	DOWEL		
	Diameter	Panjang	Jarak
mm	mm	mm	mm
150	19	450	300
175	25	450	300
200	25	450	300
225	32	450	300
250	32	450	300
275	32	450	300
300	38	450	300
325	38	450	300
350	38	450	300

Tie Bar

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
52					300	$y = 0.0037x^6 - 0.1705x^5 + 3.1317x^4 - 29.792x^3 + 155.98x^2 - 437.88x + 578.74$											
53					350	$y = 0.0031x^6 - 0.1365x^5 + 2.4636x^4 - 23.017x^3 + 118.52x^2 - 330x + 445.1$											
54																	
55																	
56																	
57						case 150 :	$y = 0.001x^6 - 0.0491x^5 + 1.0542x^4 - 12.188x^3 + 81.546x^2 - 312.69x + 624.04$										
58						case 175 :	$y = -0.0015x^6 + 0.0655x^5 - 1.0977x^4 + 8.7082x^3 - 29.804x^2 + 1.2084x + 237.01$										
59						case 200 :	$y = -0.0011x^6 + 0.0462x^5 - 0.7867x^4 + 6.4094x^3 - 22.78x^2 + 0.5472x + 203.18$										
60						case 225 :	$y = -0.0011x^6 + 0.0462x^5 - 0.7867x^4 + 6.4094x^3 - 22.78x^2 + 0.5472x + 203.18$										
61						case 250 :	$y = 0.0006x^6 - 0.0299x^5 + 0.6652x^4 - 7.9479x^3 + 54.474x^2 - 210.04x + 408.02$										
62						case 300 :	$y = 0.0037x^6 - 0.1705x^5 + 3.1317x^4 - 29.792x^3 + 155.98x^2 - 437.88x + 578.74$										
63						case 350 :	$y = 0.0031x^6 - 0.1365x^5 + 2.4636x^4 - 23.017x^3 + 118.52x^2 - 330x + 445.1$										
64						case :											
65																	
66					D =	12 mm	diameter Tie Bar										
67					X =	4 m	jarak										
68					tebal =	200 mm	tebal plat beton										
69																	
70					Fungsi =	=TieBar(D,X,tebal)											
71						92.5											

Kalkulasi untuk menghitung CBR vs Tegangan pada grafik perencanaan STRT, STRG, dan SGRG

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2			CBR =	5.5													
3			Beban Sumbu =	5.5 ton													
4			tplat =	160 mm													
5																	
6			Teg. STRT =	2.23986 Mpa	contoh hal. 366												
7																	
8			CBR =	6													
9			Beban Sumbu =	10.7 ton													
10			tplat =	160 mm													
11																	
12			Teg. SGRG =	1.65386 Mpa	contoh hal. 365												
13																	
14			CBR =	6													
15			Beban Sumbu =	7.6 ton													
16			tplat =	180 mm													
17																	
18			Teg. STRG =	1.80904 Mpa	contoh hal. 364												
19																	
20																	
21																	